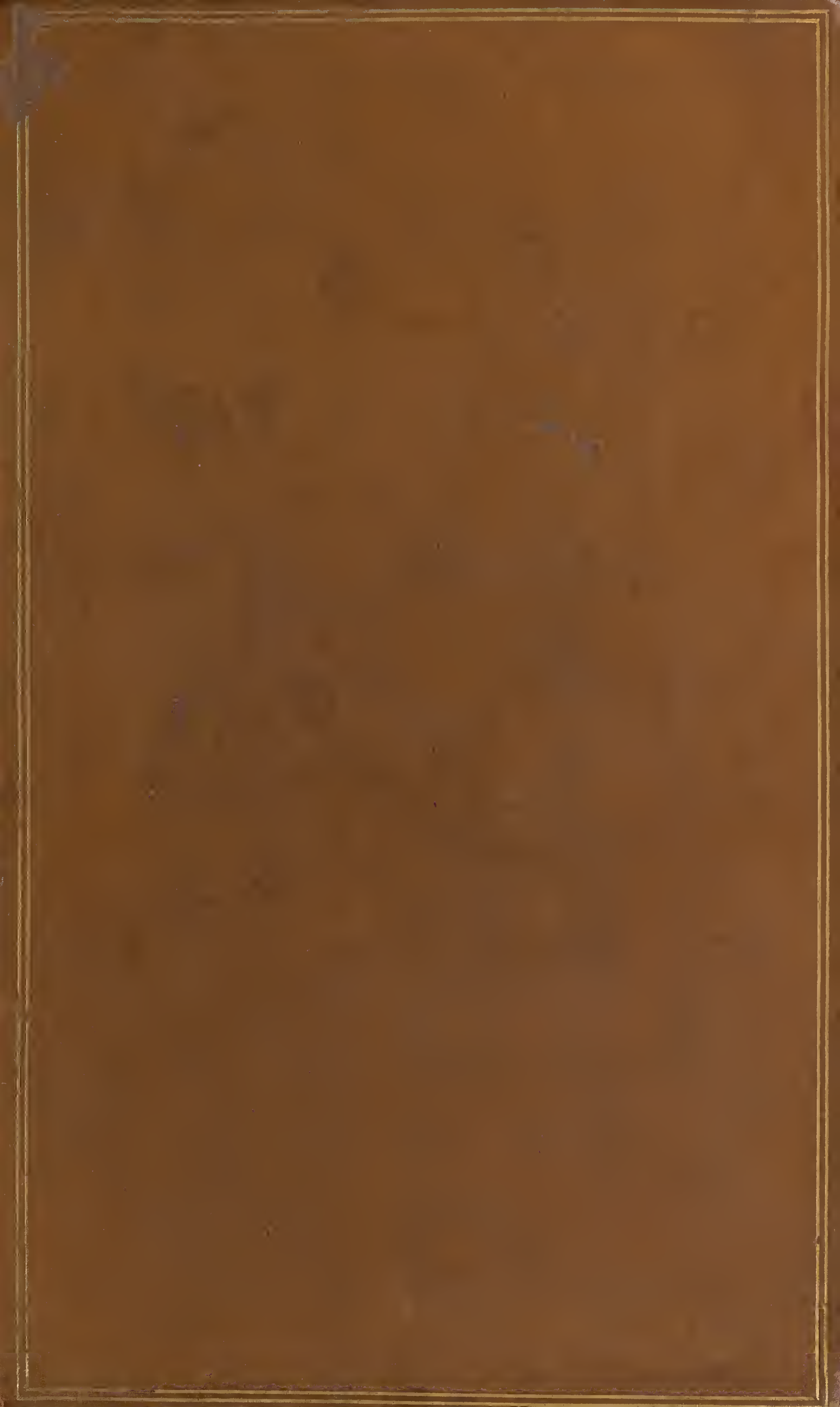
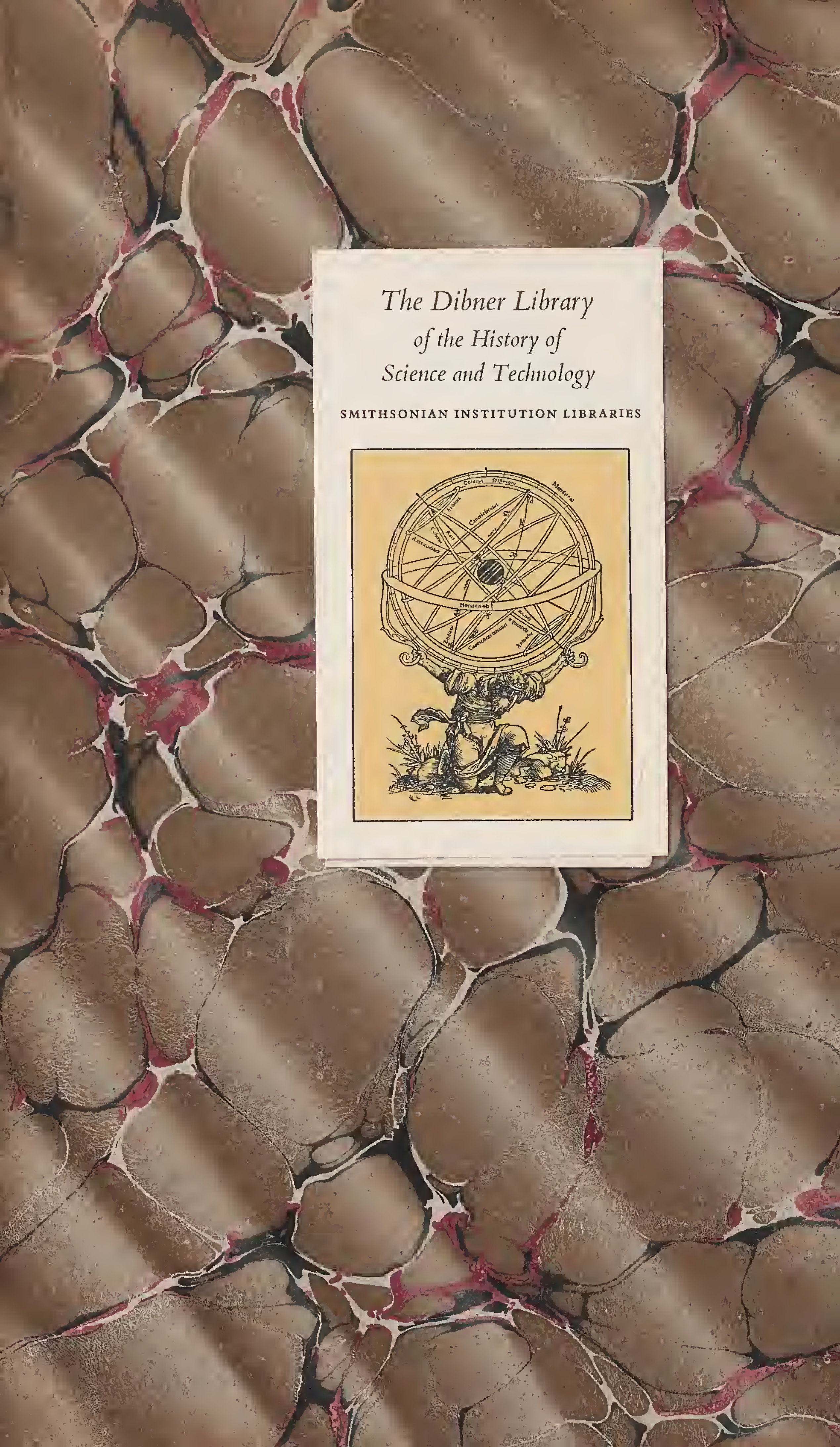
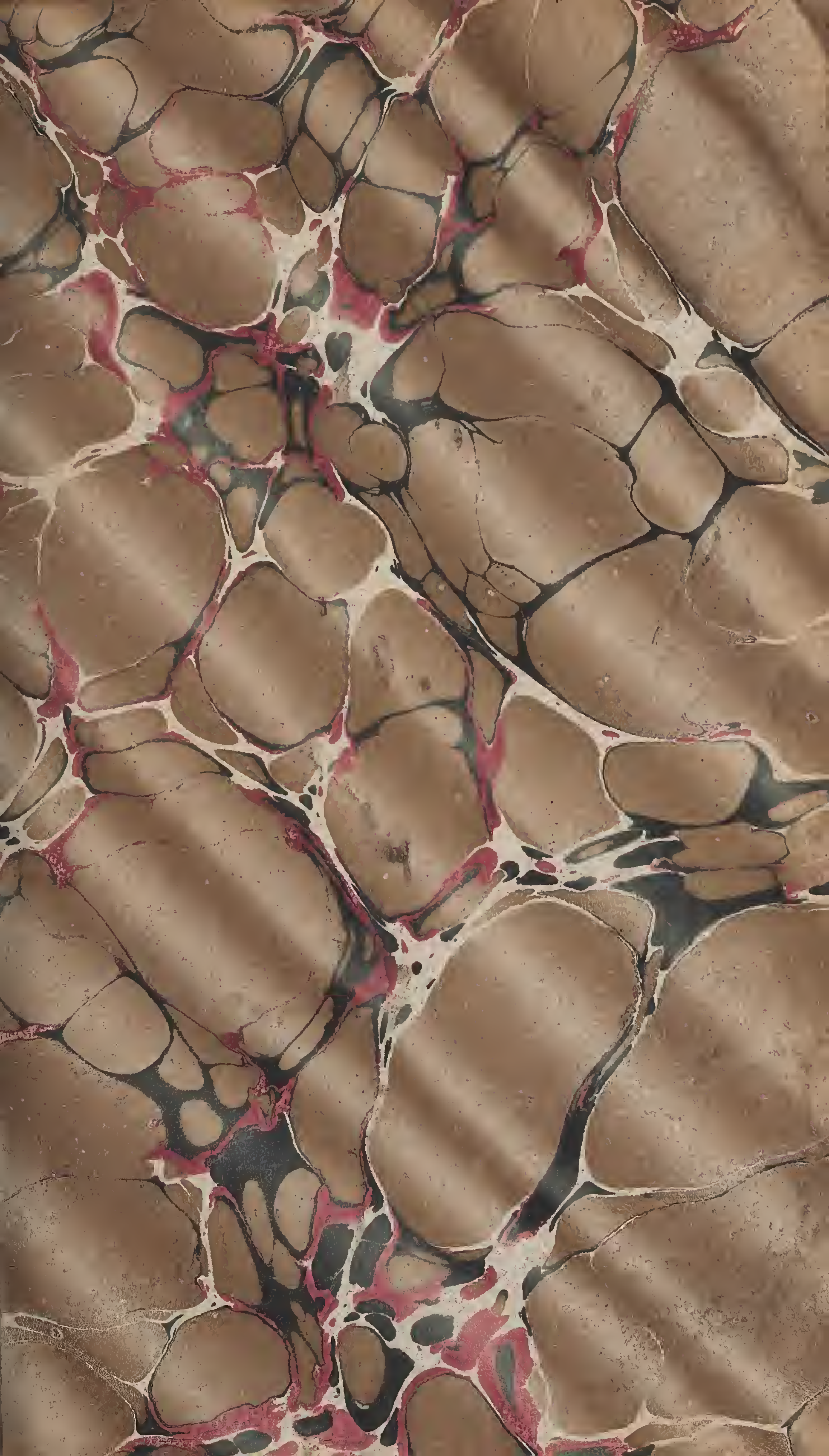



The Dibner Library
of the History of
Science and Technology
SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES

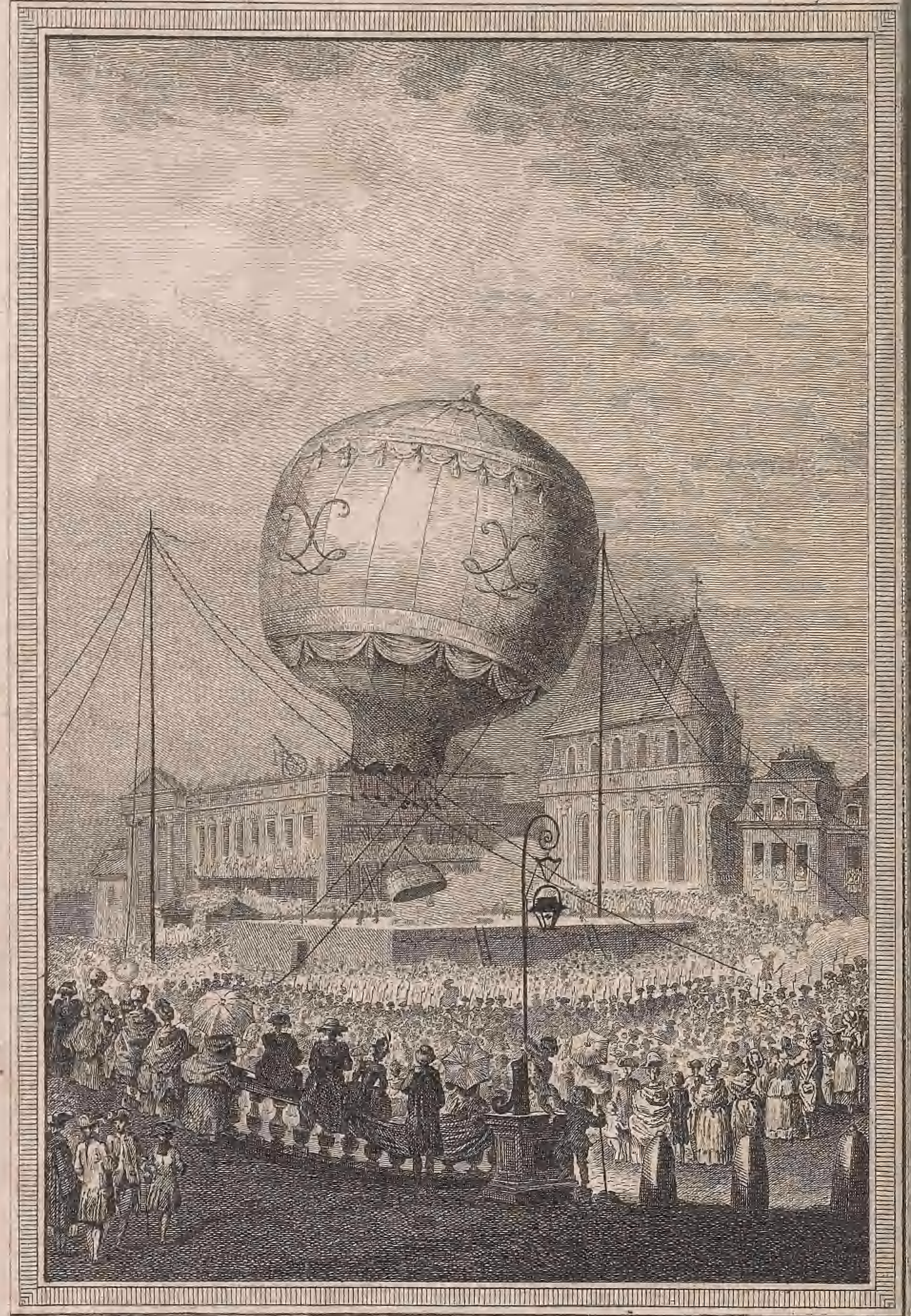


À Monsieur Louis Brière Valigny de Montdésir

De Montgolfier

Alex^dre

planche 5



Dessiné par le Chev. De Lorimier. Gravé par N. De Launay.

L'Experience faite à Versaille, en présence de leurs Majestés et de la Famille Royale, par M. Montgolfier, le 19. Sept. 1783.

La Machine Aérostatique avoit 57. Pieds de haut, sur 41. de Diamètre.

DESCRIPTION
DES EXPÉRIENCES
DE LA MACHINE
AÉROSTATIQUE
DE MM. DE MONTGOLFIER,

Et de celles auxquelles cette découverte a donné lieu ;

SUIVIE

DE RECHERCHES ſur la hauteur à laquelle eſt parvenu le Ballon du Champ-de-Mars ; ſur la route qu'il a tenue ; ſur les différens degrés de peſanteur de l'air dans les couches de l'atmoſphère ;

D'UN MÉMOIRE ſur le gaz inflammable & ſur celui qu'ont employé MM. de Montgolfier ; ſur l'art de faire les Machines aéroſtatiques, de les couper, de les remplir, & ſur la manière de diſſoudre la gomme élaſtique, &c. &c. ;

D'UNE LETTRE ſur les moyens de diriger ces Machines, & ſur les différens uſages auxquels elles peuvent être employées.

OUVRAGE orné de neuf planches en taille-douce, repréſentant les diverſes Machines qui ont été conſtruites juſqu'à ce jour, particulièrement celle de Verſailles, & celle dans laquelle des hommes ont été enlevés juſqu'à la hauteur de 324 pieds, &c. &c.

Par M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

A PARIS,

Chez CUCHET, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

MONTGOLFIER nous apprit à créer un nuage ;
Son génie étonnant auſſi hardi que ſage,
Sous un immenſe voile enfermant la vapeur,
Par la capacité détruit la peſanteur.
Notre audace bientôt en ſaura faire uſage :
Nous ſoumettrons de l'air le mobile élément,
Et des champs azurés le dangereux voyage
Ne nous paroîtra plus qu'un ſimple amuſement.

Par M. GUDIN DE LA BRENELERIE.



A MONSIEUR

LE COMTE DE VAUDREUIL,

Grand Fauconnier de France, Maréchal des Camps & Armées du Roi, Chevalier de l'Ordre du S. Esprit, &c. &c. &c. &c.

MONSIEUR LE COMTE,

J'AI l'honneur de vous adresser les details d'une découverte qui occupe les Savans de l'Europe, qui a fait l'objet des derniers travaux du célèbre Euler, & qui fixe dans ce moment l'attention de plusieurs Souverains.

Cette étonnante découverte, dont on ne trouve aucune trace dans l'antiquité, eſt une de celles que l'effort de l'eſprit humain paroît avoir ſaiſies le plus tard, quoique le principe en ſoit ſimple & à la portée de tout le monde.

Les premiers eſſais qui en ont conſtaté le ſuccès, ont été faits au mois de Juin dernier, dans une petite ville de France; & les progrès des expériences répétées à Paris ont été tels, qu'au mois de Novembre ſuivant, l'on a vu des hommes s'élever & ſe ſoutenir ſans aucune eſpèce de danger, à une grande hauteur, & ſe ménager les moyens de monter & de deſcendre à volonté.

Des réſultats auſſi ſatisfaiſans ne peuvent que donner les idées les plus avantageuſes d'une Machine, dont les ſuccès iront peut-être quelques jours au-delà de nos eſpérances, ſi nous pouvons mettre

de la ſuite & de la conſtance dans nos recherches.

Il eſt vrai que ſi notre zèle ſe rallentit, celui de nos voiſins en acquerra peut-être plus d'activité; car, puiſqu'on va s'occuper en Allemagne, en Ruſſie & en Italie de ces mêmes expériences, il eſt à préſumer que les Anglois qui ont en vénération les Sciences, ne reſteront pas dans une indifférence & une oiſiveté étrangère à leur caractère.

Quoi qu'il en ſoit, j'ai cru devoir réunir ſous un même point de vue, le tableau de tout ce qui a été fait d'intéreſſant à ce ſujet; mon unique but a été d'être utile à ceux qui voudront ſuivre le même objet, & de rendre juſtice en même-tems aux Auteurs de cette découverte.

Je me félicite, dans cette circonſtance, de m'être occupé d'un travail qui me procure l'avantage de faire paroître ces

Ouvrage ſous vos auſpices : votre amour pour les Lettres & les Beaux-Arts vous donne des droits mérités ſur tout ce qui leur eſt relatif ; & l'on ne ſauroit trop vous ſavoir gré de ce que vous les rendez ſi recommandables, dans une Cour où l'on en ſent depuis ſi long-tems l'utilité, & où l'on s'eſt toujours fait gloire de les protéger & de les faire fleurir.

Je ſuis, avec le plus reſpectueux attachement,

Monsieur le Comte,

Votre très-humble & très-
obéiſſant ſerviteur,
Faujas de Saint-Fond.



DISCOURS
PRÉLIMINAIRE.

LA découverte de MM. de Montgolfier a produit une grande ſenſation dans l'Europe, & elle eſt inconteſtablement le fruit du génie; mais juſqu'à préſent les détails des belles expériences qui ont été faites à ce ſujet, ſont ſi peu connus, & tout ce qu'on en a rapporté eſt ſi vague, & ſouvent ſi contradictoire, que les perſonnes éloignées de la capitale, ſe ſont trouvées dans une incertitude & un embarras qui ne leur a pas permis de ſuivre une carrière auſſi neuve & auſſi intéreſſante.

C'eſt dans l'intention de parer à cet inconvénient, & de donner aux ſavans une preuve du déſir que j'ai de faire quelque choſe qui puiſſe leur être agréable, que je m'empreſſe de publier des faits

que j'ai ſuivis moi-même avec attention; j'ai tâché de ne négliger aucune des circonſtances qui pourroient tendre à donner des éclairciſſemens ſur cette matière.

Toutes les perſonnes inſtruites, & qui prennent intérêt aux ſciences, ont très-bien ſenti le mérite de cette découverte, & ont rendu juſtice à ceux qui en étoient les inventeurs; mais, comme l'on ne doit pas s'attendre que les hommes aient tous le même génie & la même façon de penſer, & qu'il en eſt d'aſſez malheureuſement nés, pour n'approuver que ce qu'ils ont fait eux-mêmes, MM. de Montgolfier ont dû trouver quelques contradicteurs & des jaloux. Ils ont été, à la vérité, en bien plus petit nombre dans un ſiècle éclairé, que dans un tems où il y auroit eu moins d'inſtructions; un ſeul n'a pas craint d'avancer *qu'il avoit eu depuis plus d'un an le projet d'exécuter une Machine aéroſtatique en taffetas enduit de gomme élaſtique, qu'il vouloit remplir d'air inflammable.* Mais il

n'eſt point de découverte que l'ignorance ou la médiocrité n'enlevât au génie, en employant un pareil langage. Quelques autres, moins mal intentionnés, mais nés avec un eſprit inquiet, & poſſédés de la manie de vouloir ôter toute eſpèce de découverte à leurs contemporains, ont prétendu que MM. de Montgolfier avoient eu parmi les auteurs anciens des guides qui les ont dirigés, & que leur expérience n'eſt pas nouvelle. Ces derniers voulant prouver leur aſſertion, ſe ſont enfoncés dans l'érudition, & ont bouleverſé des bibliothèques entières; ils ont cité *Lana*, *Leibnitz*, *Borelli*, *le père Galien*, & juſqu'à un manuſcrit eſpagnol, qu'on a d'abord dit exiſter à la bibliothèque du Roi, & enſuite dans celle de Turin. Comme ce manuſcrit n'eſt certainement pas à Paris, & qu'on n'a donné aucune preuve qu'il fût dans la bibliothèque du Roi de Sardaigne, & ſur-tout comme on n'a pas dit un mot de ce qu'il contenoit, il eſt inutile d'en

parler davantage. Quant à Leibnitz & à Borelli, ces deux savans, loin de donner des idées sur la manière de s'enlever, en ont au contraire l'un & l'autre nié la possibilité.

Lana & *Galien* méritent plus d'attention; le livre de ce premier auteur étant très-rare, j'entrerai dans quelques détails à son sujet; je rapporterai aussi quelques passages curieux du père Galien, dont l'ouvrage, tombé dans l'oubli, quoique le fruit d'une imagination vive & systématique, n'est pas dénué de tout mérite.

Le jésuite Pierre-François Lana de Brescia, publia en 1670 un ouvrage italien, qui a pour titre *Prodromo dell'arte maestra. Brescia, 1670, nella stamperia dei Rizzardi*, in-folio, avec des gravures. Ce livre est extrêmement rare, & l'exemplaire que j'ai consulté est celui de la bibliothèque du Roi (1).

(1) Quoique la bibliothèque fût fermée à cause des vacances, M. l'Abbé des Aulnays, qui sacrifie son repos au

L'on trouve dans le chapitre 6, le projet de *conſtruction d'un navire qui devoit ſe ſoutenir & voyager dans l'air à voile & à rames.*

Les principaux agens de cette machine, conſiſtoient en quatre Sphères ou Globes, dans leſquels le vide parfait devoit être produit. Leur diamètre étoit de 20 pieds; leur ſuperficie, ſelon les calculs de l'auteur, de 1232 pieds, & leur ſolide de 5749 pieds $\frac{1}{3}$. Mais outre que ces proportions ne ſont pas exactes, c'eſt que ſa manière d'opérer le vide eſt des plus défectueuſes; car il exigeoit pour cela de remplir les Ballons d'eau, de les vider, & de fermer tout de ſuite le robinet par où l'eau devoit s'échapper. Enfin, *Lana* ne donnant à l'épaiſſeur de ſon cuivre que $\frac{1}{68}$ de ligne, rendoit l'exécution de ſes Globes abſolument impoſſible. Auſſi Leibnitz qui a commenté ce projet, conclut avec rai-

ſoin de ſa place & à l'avantage des ſciences, a bien voulu ſe prêter à toutes les recherches qui pouvoient m'intéreſſer.

ſon de l'exceſſive ténuité de cette enveloppe, que la choſe ne pouvoit pas avoir lieu; *quod fieri nequit.*

Comme la gravure qui accompagne l'ouvrage *dell' arte maeſtra*, repréſente quatre Ballons qui ſe ſoutiennent en l'air, & qui ſupportent, au moyen de cordages, un bateau avec une voile, les perſonnes qui ont été à portée d'obſerver cette planche ſans lire le texte, n'ont pas manqué de conclure que MM. de Montgolfier n'ont fait que copier *Lana*; mais l'on voit à préſent que leur découverte eſt abſolument étrangère aux idées du Jéſuite italien.

L'ouvrage de *Lana* n'étant pas entre les mains de tout le monde, j'ai cru qu'on verroit avec plaiſir la forme de ſon bateau ſupporté par des Globes, & c'eſt ce qui m'a déterminé à le faire graver. Voyez la planche IX, copiée très-ſervilement ſur celle de cet auteur.

Le père *Joſeph Galien*, dominicain, ancien profeſſeur de philoſophie & de

théologie dans l'univerſité d'Avignon, publia en 1755, *à Avignon chez le libraire Fez*, une brochure petit in-12, intitulée *l'art de naviger dans les airs, amuſement phyſique & géométrique, précédé d'un mémoire ſur la nature & la formation de la grêle.*

Ce livre dont il y a eu une ſeconde édition chez le même libraire en 1757, & qui n'avoit été regardé juſqu'à préſent que comme un délire d'imagination, n'eſt pas ſans intérêt depuis la découverte de MM. de Montgolfier, & je penſe que les lecteurs en verront ici avec plaiſir quelques paſſages. « Nous voici donc » arrivés, dit le père Galien, au mo- » ment de la conſtruction de notre vaiſ- » ſeau pour naviger dans les airs & tranſ- » porter, ſi nous le voulons, une nom- » breuſe armée avec tous ſes attirails » de guerre & ſes proviſions de bouche, » juſqu'au milieu de l'Afrique, ou dans » d'autres pays non moins inconnus. » Pour cela, il faut lui donner une vaſte

» capacité ; qu'importe, il n'en coûtera
» pas davantage, dès que nous ne le
» fabriquerons qu'en idée.

» Plus il sera grand, plus sa pesanteur
» en sera absolument plus grande, mais
» aussi elle en sera moindre respective-
» ment à son énorme grandeur, comme
» peuvent le comprendre ceux qui ont
» quelque teinture de géométrie, & qui
» savent que plus un corps est grand,
» moins il a à proportion de superficie,
» quoiqu'il en ait absolument davantage.

» Nous construirons ce vaisseau de
» bonne & forte toile doublée, bien
» cirée ou goudronée, couverte de peau,
» & fortifiée de distance en distance de
» bonnes cordes, ou même de cables
» dans les endroits qui en auront besoin,
» soit en dedans, soit en dehors, en telle
» sorte qu'à évaluer la pesanteur de tout
» le corps de ce vaisseau, indépendam-
» ment de sa charge, ce soit environ
» deux quintaux par toise quarrée.

» Quant à la forme qu'il faudra don-

» ner à ce vaiſſeau, on aura aſſez le loi-
» ſir d'y penſer, avant que de mettre la
» main à l'œuvre; contentons-nous pour
» le préſent d'examiner ſi un vaiſſeau de
» figure cubique, ayant, par exemple,
» 1000 toiſes de diamètre, dont le ſeul
» corps, indépendamment de ſa charge,
» pèſeroit 200 livres ou 2 quintaux par
» toiſe quarrée, pourroit ſe ſoutenir dans
» l'air à la région de la grêle, ſuppoſé
» que la peſanteur de l'air de cette région
» ſoit à celle de l'eau, comme 1 eſt à
» 1000, & que la peſanteur de l'air de
» la région immédiatement au-deſſus,
» ne ſoit à celle de l'eau que comme 1
» eſt à 2000.

» Le vaiſſeau ſeroit plus long & plus
» large que la ville d'Avignon, & ſa
» hauteur reſſembleroit à celle d'une
» montagne bien conſidérable. Un ſeul
» de ſes côtés contiendroit un million
» de toiſes quarrées; car 1000 eſt la ra-
» cine quarrée d'un million. Il auroit ſix
» côtés égaux, puiſque nous lui don-

» nons une figure cubique. Nous ſuppo-
» ſons auſſi qu'il fût couvert ; car, s'il
» ne l'étoit pas, il ne faudroit avoir égard
» qu'à cinq de ſes côtés, pour meſurer
» combien pèſeroit le corps de tout le
» vaiſſeau indépendamment de ſa cargai-
» ſon, en lui donnant deux quintaux de
» peſanteur par toiſe quarrée. Ayant
» donc ſix côtés égaux, & chaque côté
» étant d'un 1000000 de toiſes quarrées,
» dont chacune peſant deux quintaux,
» il s'enſuit que le ſeul corps de ce vaiſſeau
» pèſeroit 12000000 de quintaux, peſan-
» teur énorme, au-delà de dix fois plus
» grande que n'étoit celle de l'arche de
» Noé avec tous les animaux, & tou-
» tes les proviſions qu'elle renfermoit ».

Le père Galien interrompt alors ces détails pour calculer la peſanteur de cette arche célèbre, & cette épiſode l'éloigne, pour quelque tems, de ſon vaiſſeau. Mais enfin il y revient, & continue ainſi ſa narration.

« Nous voilà donc embarqués dans l'air
» avec

» avec un vaiſſeau d'une horrible peſanteur. Comment pourra-t-il s'y ſoutenir
» & tranſporter avec cela une nombreuſe armée, tout ſon attirail de
» guerre & ſes proviſions de bouche,
» juſqu'au pays le plus éloigné? C'eſt ce
» que nous allons examiner.

» La peſanteur de l'air de la région
» ſur laquelle nous établiſſons notre navigation, étant ſuppoſée à celle de l'eau
» comme 1 à 1000, & la toiſe cube
» d'eau peſant 15120 livres, il s'enſuit
» qu'une toiſe cube de cet air pèſera
» environ 15 livres & 2 onces; & celui
» de la région ſupérieure étant la moitié
» plus léger, la toiſe cube ne pèſera
» qu'environ 7 livres 9 onces. Ce ſera
» cet air qui remplira la capacité du
» vaiſſeau; c'eſt pourquoi nous l'appellerons l'air intérieur, qui réellement
» pèſera ſur le fond du vaiſſeau, à raiſon de 7 livres 9 onces par toiſe cube;
» mais l'air de la région inférieure lui
» réſiſtera avec une force double, de

» ſorte que celui-ci ne conſumera que
» la moitié de ſa force pour le con-
» trebalancer, & il lui en reſtera encore
» la moitié, pour contrebalancer &
» ſoutenir le vaiſſeau avec toute ſa
» cargaiſon.

» Le vaiſſeau que nous avons lancé
» en idée ſur la région de la grêle, eſt
» de figure cubique; mille millions de
» toiſes cubes peſant chacune 7 livres
» 9 onces, font 7562500000 livres, ou
» 75625000 quintaux. Notre vaiſſeau ſe
» ſoutiendra donc dans la région où nous
» l'avons placé, pourvu qu'avec ſa car-
» gaiſon, il ne pèſe pas au-delà de
» 75625000 quintaux. Mais parce que,
» pour naviger ſans danger évident, il
» faut que le vaiſſeau élève ſes bords
» juſqu'à une certaine hauteur au-deſſus
» de ſon fluide, autrement, à la moin-
» dre ſecouſſe, le fluide y entreroit, &
» le feroit couler à fond; allégeons notre
» vaiſſeau de 5625000 quintaux, & ne
» lui laiſſons pour tout ſon poids avec ſa

» cargaiſon, que 70000000 de quintaux.
» Par le moyen de cet allégement, qui
» ſeroit un peu plus que la douzième
» partie de tout le poids, ce vaiſſeau
» s'éleveroit au-delà de 83 toiſes au-
» deſſus du niveau de la région de la grêle
» ſur laquelle il navigeroit.

» Qui de 70000000 quintaux, ôte
» 12000000 quintaux que pèſeroit le
» ſeul corps du vaiſſeau, reſte encore
» pour ſa cargaiſon 58000000 quintaux ;
» ce qui iroit 54 fois au-delà de ce que
» pouvoit peſer l'arche de Noë avec
» tout ce qu'elle contenoit d'animaux
» & de proviſions pour un an que
» dura le déluge. . . . . . . Quand bien
» même il entreroit dans notre vaiſ-
» ſeau quatre millions de perſonnes,
» peſant chacune trois quintaux, ce qui
» eſt un poids au-deſſus de ce que pèſe
» le commun des hommes, & que nous
» permettrions à chacune de ces perſon-
» nes d'avoir avec lui 9 quintaux en
» proviſion ou en marchandiſes, tout

» cela ne feroit qu'une charge de quarante-
» huit millions de quintaux. Il s'en man-
» queroit donc encore dix millions de
» quintaux, pour fon entière cargaifon.

» Je comprends donc qu'il ne feroit
» pas néceffaire de conftruire, pour no-
» tre navigation aérienne, des vaiffeaux
» d'une fi prodigieufe grandeur.

» Quant à la forme qu'il faudroit
» donner à ces vaiffeaux, elle feroit
» fans doute bien différente de celle
» dont nous venons de parler. Il y au-
» roit beaucoup de chofes à ajouter ou
» à réformer, pour les rendre com-
» modes, & bien des précautions à
» prendre pour obvier aux inconvé-
» niens; mais ce font des chofes que
» nous laiffons aux fages réflexions de
» nos habiles machiniftes.

» Cette navigation, au refte, ne fe-
» roit pas fi dangereufe que l'on pour-
» roit fe l'imaginer : peut-être le feroit-
» elle moins que celle de mer. Dans
» celle-ci, tout eft perdu lorfque le

» vaiſſeau vient à couler à fond ; au-
» lieu que le cas arrivant dans celle-là ;
» on ſe trouveroit doucement mis à
» terre, au grand contentement de ceux
» qui ſeroient ennuyés de voguer entre
» le ciel & la terre, & qui aimeroient
» mieux venir nous raconter ce qu'ils
» auroient vu ſe paſſer dans ce haut pays
» des nues, que de continuer leur route.
» Le vaiſſeau, en deſcendant ici bas,
» iroit avec une lenteur à ne rien faire
» craindre de funeſte pour les gens de
» dedans, la vaſte étendue de la colonne
» d'air de deſſous s'oppoſant à la vîteſſe
» de ſa chûte. D'ailleurs ce vaiſſeau,
» après même s'être ſubmergé & rempli
» d'air groſſier, ne pèſeroit jamais un
» tiers de plus qu'un pareil volume de
» cet air. Il viendroit donc à terre beau-
» coup plus lentement que ne peut faire
» la plume la plus légère, puiſque cette
» plume, malgré ſa légèreté, pèſe grand
» nombre de fois plus que l'air en pareil
» volume, & par conſéquent beaucoup

» plus à proportion des maſſes, que
» ne feroit notre vaiſſeau ſubmergé ».

Je me ſuis laiſſé inſenſiblement entraîner à tranſcrire ici tout ce que le père Galien a dit de plus remarquable ſur la conſtruction & l'uſage de ſon vaiſſeau ; j'avoue de bonne foi que cette eſpèce de rêve philoſophique qui avoit paſſé juſqu'à ce jour pour le délire le plus complet, a dans ce moment je ne ſais quoi de curieux & d'intéreſſant qui attache.

L'idée de ce vaiſſeau, d'une capacité immenſe, fait avec une enveloppe de toile ou de cuir, & plein d'un air une fois plus léger que l'air atmoſphérique, préſente une eſpèce de rapport qui ſe rapproche juſqu'à un certain point de l'expérience de la Machine aéroſtatique ; & l'intérêt qu'on a pris à la découverte de MM. de Montgolfier, influe avantageuſement ſur la théorie hardie, mais ingénieuſe du docteur dominicain.

Il eſt inconteſtable, en ſuppoſant que

MM. de Montgolfier aient eu connoiſſance de ce livre, qu'ils n'ont pu y puiſer aucun des moyens analogues à ceux qu'ils ont employés ; le père Galien ayant beſoin d'un air plus léger que l'air atmoſphérique, ne pouvoit le trouver que dans la région de la grêle, & il y tranſportoit ſon vaiſſeau ſur les aîles de l'imagination, pour y prendre des proviſions de cet air. MM. de Montgolfier au contraire, cherchant un air auſſi léger, ſavent le créer, & le produiſent à volonté. L'un, ſemblable à Cyrano de Bergerac, voyage dans l'empire des chimères (1) ; les deux autres, éclairés par le flambeau du génie, calculant des

---

(1) Une preuve que le père Galien, en donnant ſon Traité ſur l'*art de naviguer dans les airs*, n'avoit jamais prétendu faire un ouvrage ſérieux, c'eſt qu'il s'exprime dans un avertiſſement qui eſt à la tête de ſon livre, de la manière ſuivante : « Quant à la conſé» quence ultérieure de pouvoir naviguer dans l'air, à la » hauteur de la région de la grêle, je ne penſe pas que » cela expoſe jamais perſonne aux frais & aux dangers » d'une telle navigation ; il n'eſt queſtion ici que d'une

forces nouvelles, & les dirigeant avec méthode, débutent par une expérience faite pour étonner l'esprit humain.

M. de la Folie, de Rouen, auteur d'un roman philosophique publié en 1775, *in*-8°. sous le titre du *Philosophe sans prétention*, ou *l'homme rare*, fit placer à la tête de son livre une gravure qui représente un homme dans une espèce de cage garnie de nuages, couronnée par deux Globes, & suspendue en l'air. Plusieurs personnes qui se sont contentées de voir l'estampe sans lire l'ouvrage, n'ont pas manqué de publier que ce nouveau char volant avoit donné à MM. de Montgolfier l'idée de la Machine aérostatique; mais en rapprochant les passages du livre de l'académicien de Rouen, nous verrons bientôt que sa manière de construire des globes, & de se diriger dans l'air, n'a absolument aucun rap-

» simple théorie sur sa possibilité, & je ne la propose, » cette théorie, que par manière de *récréation physique* » *& géométrique* ».

port avec les procédés ſavans de MM. de Montgolfier.

L'auteur du Roman, après avoir mis pluſieurs interlocuteurs en ſcène, en fait parler un qu'il nomme *Scintilla*, par alluſion à l'électricité, de la manière ſuivante :

« J'ai cru ne pas devoir différer un » ſeul moment à vous faire part d'une » découverte intéreſſante. Depuis long- » tems les hommes ont cherché par » quelles loix méchaniques ils pourroient » franchir les eſpaces aëriens. Je ſuis flatté » de pouvoir vous offrir aujourd'hui la » réuſſite de mes recherches. La voici, » dit-il : Deux eſclaves ont porté mon » appareil ſur la plate-forme de notre » tour ; rendons-nous-y ». Douze ſages témoins de ce diſcours ſe rendent au lieu indiqué, & l'un deux après avoir ſavamment diſſerté ſur la force & ſur l'écart des leviers, paſſe à la deſcription de la Machine dans les termes ſuivans. » Je » vis deux Globes de verre de trois pieds

» de diamètre, montés au-dessus d'un
» petit siége assez commode. Quatre
» montans de bois, couverts de lames de
» verre, soutenoient ces deux Globes.
» Dans l'intervalle de ces montans pa-
» roissoient quelques ressorts que je ju-
» geai devoir donner le mouvement
» aux deux Globes. La pièce inférieure
» qui servoit de soutien & de base au
» siége, étoit un plateau enduit de cam-
» phre & couvert de feuilles d'or. Le
» tout étoit entouré de fil de métal.
» Aussi-tôt que j'eus apperçu cette Ma-
» chine électrique d'une nouvelle forme,
» je devins incrédule sur la réussite de
» Scintilla.

» Scintilla, dont le corps étoit aussi
» alerte que l'imagination, monte les-
» tement sur sa méchanique, & pous-
» sant promptement une détente, nous
» vîmes les deux Globes tourner avec
» une rapidité prodigieuse. Messieurs,
» dit-il, vous voyez que pour m'élever
» en l'air, mon principal moyen est

» d'annuller au-deſſus de ma tête la
» preſſion de l'atmoſphère. Obſervez que
» la percuſſion de la lumière agit ac-
» tuellement au-deſſous de ma mécha-
» nique. C'eſt elle qui va m'enlever ſans
» beaucoup d'efforts, & maître du mou-
» vement de mes Globes, je deſcen-
» drai ou monterai en telle propor-
» tion qu'il me plaira. Vous voyez en-
» core.... Mais nous ne l'entendions
» plus, ſa Machine entourée tout-à-
» coup d'un cercle lumineux, s'étoit
» enlevée avec la plus grande vîteſſe.
» Jamais ſpectacle ſi nouveau & ſi beau
» ne s'offrit à nos yeux. Nous le vîmes
» pendant quelque tems reſter immo-
» bile, puis redeſcendre, puis s'élever
» de nouveau. Enfin, nous le perdîmes
» de vue ». Chap. III, pag. 28 & ſuiv.

L'on voit clairement, par ce que je viens de rapporter, qu'il n'eſt queſtion dans la Machine imaginaire & romaneſque de M. de la Folie, ni d'invention ni de procédé qui ait pu éclairer

les auteurs de la Machine aéroſtatique.

Enfin, l'on a dit que M. Cavallo à Londres, après avoir fait des bulles de ſavon avec de l'air inflammable, avoit conclu de leur extrême légèreté & de leur tendance à s'enlever, qu'on pourroit, en donnant à l'air inflammable une enveloppe ſolide & imperméable, faire ſoutenir des corps conſidérables en l'air; mais nous allons voir encore par le témoignage d'un des amis de M. *Cavallo* lui-même, juſqu'à quel point ce phyſicien a pouſſé ſes eſſais ſur l'air inflammable. C'eſt de M. Brouſſonet, très-habile naturaliſte, & qui a vu opérer M. Cavallo, que je tiens les détails que je vais rapporter ici.

« En 1781, M. *Cavallo* avoit déjà fait » élever des bulles d'eau de ſavon pleines » d'air inflammable; cette expérience lui » avoit fait voir la poſſibilité de faire » élever des corps conſidérables dans » l'air. Il fit un ſac oblong de trois à » quatre pieds de largeur en papier très-

» fin; mais il fut fort étonné de voir, » quand il voulut le remplir, que le gaz » inflammable paſſoit au travers du pa- » pier. Il eſſaya après cela de remplir » du même gaz des veſſies de cochon, » qu'il ne put jamais parvenir à rendre » aſſez légères. Les veſſies de poiſſon » qu'il employa encore, furent dans le » même cas. Il étoit pour lors perſuadé » qu'il pourroit réuſſir en faiſant une » bourſe avec l'eſpèce de peau dont » ſe ſervent les batteurs d'or, collées les » unes avec les autres; mais je ne penſe » pas qu'il ait jamais mis ce projet en » exécution; ainſi quoique perſuadé de » la poſſibilité de faire enlever dans » l'air des corps au moyen de l'air » inflammable, il ne réuſſit qu'avec les » bulles d'eau de ſavon (1). Quand bien

---

(1) L'idée d'employer la peau dont ſe ſervent les batteurs d'or, s'étoit préſentée à M. Cavallo à Londres; mais l'on vient de voir qu'elle reſta ſans exécution. M. Deſchamps, peintre, qui ne connoiſſoit certainement pas ce qu'avoit pu faire M. Cavallo, imagina, après

» même *MM. de Montgolfier* auroient eu

---

la découverte de M. de Montgolfier, de faire des Globes en papier, qui ne retinrent pas mieux l'air inflammable que ceux faits à Londres; il se servit ensuite de peau de *baudruche*, & ses Ballons s'enlevèrent. Quelques jours avant que M. Deschamps fît connoître la matière qu'il employoit, M. le marquis d'Arlandes, qui cultive avec succès plusieurs parties de la physique, s'étoit déjà muni de la même peau des batteurs d'or, pour faire de semblables Ballons, & il en fit exécuter plusieurs pour son amusement, qui ne parurent à la vérité, qu'après ceux de M. Deschamps.

M. Têtu, jeune physicien, en construisit aussi de très-élégans; M. Bayér & d'autres personnes suivirent cet exemple.

Deux siècles auparavant Jules-César, Scaliger, disfertant contre Cardan, au sujet de la colombe volante d'*Architas*, & donnant la manière dont il croyoit qu'on pouvoit exécuter une colombe pareille, propose, comme un point essentiel, de faire usage de la peau des batteurs d'or. Ce qu'il a écrit à ce sujet, mérite de trouver place ici.

« Volanti columbæ maniculum, cujus auctorem Architam tradunt, vel facillimè profiteri audeo. Naviculum
» spontè mobilem ac sui remigii auctorem faciam nullo
» negotio. Eadem ratio cum volante avicula. Materia
» ex junci medula parabilis, *vesiculis amicta aut pel-*
» *liculis cuibus auri bracteores, atque foliatores*
» (sic enim libet nunc) *utuntur*, nervulis obvoluta:
» ubi semi-circulus rotam impulerit, motum præstabit
» aliarum quibus alæ agitabuntur », &c. *Scaliger de subtilitate ad Cardanum exercit*, 326.

» connoiſſance de ces expériences, ce
» qui ne paroît pas trop probable, on
» ne ſauroit en aucune manière leur diſ-
» puter le titre d'inventeurs, puiſque l'air
» qu'ils ont employé n'eſt pas le même, &
» que la Machine qu'ils ont faite eſt d'une
» nature entièrement différente de tout ce
» que M. Cavallo avoit eſſayé à ce ſujet ».

En voilà aſſez, je penſe, ſur cet objet; il me reſte à dire un mot ſur l'Ouvrage que je publie. Le peu de tems que j'ai eu pour mettre en ordre mes obſervations, m'oblige de réclamer la plus grande indulgence de la part des lecteurs.

J'ai cru que la meilleure manière de faire connoître les expériences aéroſtatiques faites juſqu'à ce moment, étoit de les décrire dans l'ordre & aux époques où elles ont eu lieu, en commençant par celle d'Annonay du 5 juin 1783, qui fixe la date de cette belle découverte.

J'ai décrit les appareils dont on a fait uſage pour ces diverſes expériences,

& je me ſuis attaché à faire connoître ceux qui m'ont paru les plus avantageux pour développer les gaz ; ce qui m'a néceſſairement mis dans le cas de parler de l'air inflammable, & de l'eſpèce de vapeur dont MM. de Montgolfier rempliſſent leur Machine.

Comme pluſieurs perſonnes ont paru déſirer connoître la manière la plus ſimple & la plus commode pour conſtruire des Globes de toute grandeur en taffetas ou en toile, & leur donner une forme ſphérique exacte, je ſuis entré dans quelques détails à ce ſujet.

Le gaz inflammable, & l'eſpèce de vapeur qui fait élever les Machines aéroſtatiques de MM. de Montgolfier, étant les ſeules émanations connues juſqu'à ce jour, comme les plus propres à remplir cet objet, & comme celles à qui l'on doit donner la préférence, je fais quelques recherches ſur cette matière.

Le peu de tems que j'ai eu & qui a preſque été ſans ceſſe interrompu par celui

celui qu'il a fallu donner aux diverses expériences qui ont été faites, & que j'ai été bien aise de suivre avec attention, ne m'ayant permis que d'ébaucher pour ainsi dire cet Ouvrage, j'ose espérer que les personnes qui le liront voudront bien avoir égard aux circonstances où je me suis trouvé, & à l'empressement que j'ai eu de me rendre au désir qu'a témoigné le Public de jouir promptement des détails de tout ce qui a été fait jusqu'à présent relativement à ces expériences.

Les lecteurs en seront dédommagés par une lettre intéressante, qui m'a été adressée par M. de Meusnier, officier du Génie, dans laquelle on trouvera les plus savantes observations sur le Ballon du Champ de Mars, depuis l'instant de son ascension, jusqu'à celui de sa chûte à *Ecouen* près de *Gonesse*. Cette lettre renferme des détails instructifs sur la pesanteur de l'air, & sur les

différentes couches de l'atmosphère.

J'ai cru devoir aussi faire imprimer une lettre qui m'a été adressée par un anonyme. Les personnes que cette découverte intéresse, y trouveront quelques vues systématiques sur le parti qu'on peut tirer des Machines aérostatiques, & sur l'art de les diriger.

Enfin, j'ai accompagné ce livre de plusieurs planches, dessinées d'après nature avec une exactitude extrême, & qui donneront une idée précise des expériences qui ont été faites, & des Machines qu'on a employées.

Comme on se propose de faire incessamment de nouvelles expériences à Paris, & qu'on a le projet d'en tenter une à Lyon, avec une Machine aérostatique de cent pieds de diamètre, sous la direction de M. de Montgolfier l'aîné, je m'empresserai de faire connoître, par un supplément, le résultat de ces diverses expériences. D'un autre côté, deux acadé-

miciens de la ſociété royale de Londres, & des ſavans de Pétersbourg & de Florence, ayant bien voulu m'annoncer que je ſerois très-exactement inſtruit de tout ce qui ſera fait à cette occaſion dans ces dernières villes, je me ferai un devoir de publier en même-tems tout ce qui m'aura été communiqué, au ſujet de ces diverſes expériences.



TABLE
DES ARTICLES.

AVIS AU LECTEUR

Concernant les Planches.

LA précipitation avec laquelle cet ouvrage a été imprimé pour répondre aux pressantes sollicitations du Public, a produit quelques erreurs sur les renvois des *Planches*; mais au moyen de l'explication suivante, le lecteur pourra facilement se reconnoître, & corriger lui-même les erreurs.

Ordre des Planches.

Les Planches I & II ont rapport à l'expérience faite au Champ-de-Mars, & leur explication est à la fin de l'ouvrage.

La Planche III a rapport à la même expérience, & son indication doit être à la page 10.

La Planche IV a rapport à l'expérience faite en présence de MM. les Commissaires de l'académie royale des sciences, & son indication doit être à la page 30.

La Planche V a rapport à l'expérience faite à Versailles, & son indication doit être à la page 45. Cette Planche étant plus ornée que

les autres, eſt placée à la tête de l'ouvrage.

Les Planches VI & VII ont rapport à la lettre de M. Meuſnier. Au bas de la Planche VII ſont les Figures 5 & 6 qui ont rapport à la méthode graphique pour couper les fuſeaux d'un Globe, & leur indication doit être à la page 295.

La Planche VIII a rapport à l'expérience où des hommes ſe ſont élevés à la hauteur de 324 pieds, & ſon indication doit être à la page 269.

La Planche IX a rapport au diſcours préliminaire, & ſon indication doit être à la page xij de ce Diſcours.

Le portrait de MM. de Montgolfier a été deſſiné & gravé par M. Delaunay le jeune; il ſe vend, à Paris, chez l'Auteur, & chez Cuchet, Libraire, rue & hôtel Serpente, prix 1 liv. 4 ſols.





EXPÉRIENCE
FAITE
A ANNONAY EN VIVARAIS,
Le 5 Juin 1783,
PAR MM. DE MONTGOLFIER.

MESSIEURS Etienne & Joſeph de Montgolfier, propriétaires d'une des belles manufactures de papier à Annonay en Vivarais, nés avec le goût des connoiſſances utiles, & doués d'un génie obſervateur, employoient leur loiſir à l'étude de la phyſique ; après avoir médité long-tems ſur l'aſcenſion des vapeurs dans l'atmoſphère, où elles ſe réuniſſent pour former des nuages qui, malgré leurs maſſes & leur peſanteur, ſe ſoutiennent non-ſeulement à de grandes hauteurs, mais encore flottent & voyagent au gré des vents, ils entre-

virent la poſſibilité d'imiter la Nature dans une de ſes plus grandes & de ſes plus majeſtueuſes opérations.

Ils conçurent dès-lors l'idée hardie de former, à l'aide d'une vaſte enveloppe & d'une vapeur légère, une eſpèce de nuage factice que la ſeule peſanteur de l'air atmoſphérique forceroit de s'élever juſqu'à la région où les orages & les tempêtes prennent naiſſance. L'idée ſeule de ce projet ſuppoſe néceſſairement du génie, ſon exécution du courage, & une tête organiſée de manière à trouver des reſſources pour parer à la multitude d'obſtacles qui devoient environner une entrepriſe de cette eſpèce.

Il y a loin ſans doute d'une expérience de cabinet, quelque délicate & quelque ingénieuſe qu'elle puiſſe être, à celle où il faut que l'homme combine des moyens pour imiter la Nature dans une opération qui n'avoit encore été tentée par perſonne; car tout ce qui avoit été fait juſqu'alors pour s'élever dans l'air, n'étant fondé que ſur de faux calculs, ou ſur des pratiques chimériques, n'avoit abouti qu'à jeter un ridicule mérité ſur ceux qui s'obſtinoient à prendre la route la plus oppoſée au véritable but.

Meſſieurs de Montgolfier, dirigés par de

meilleurs principes, après avoir profondément réfléchi ſur le projet qui les occupoit, après s'être familiariſés avec cette grande idée, après avoir enfin réuni les moyens de ſon exécution, osèrent faire leur premier eſſai dans une ville où toutes les reſſources de l'art ſembloient leur manquer.

Le jeudi 5 Juin 1783, l'Aſſemblée des Etats particuliers de Vivarais ſe trouvant à Annonay, fut invitée par les Auteurs de la Machine aéroſtatique à aſſiſter à l'expérience qu'ils ſe propoſoient de faire en public.

Quelle fut la ſurpriſe des Députés, quelle fut celle des ſpectateurs, lorſqu'on vit ſur la place publique une eſpèce de ballon de cent dix pieds de circonférence, retenu par ſon pole inférieur ſur un châſſis en bois de ſeize pieds de ſurface ! Cette vaſte enveloppe & ſon châſſis peſoient cinq cens livres ; elle pouvoit contenir vingt-deux mille pieds cubes de vapeur. (1)

---

(1) Voici la note qui m'a été communiquée par M. de Montgolfier le jeune :

La Machine aéroſtatique, dont l'expérience fut faite devant Meſſieurs des Etats particuliers de Vivarais, le jeudi 5 Juin 1783, étoit conſtruite en toile doublée de papier, couſue ſur un réſeau de ficelle fixé aux toiles. Elle étoit à-peu-près de forme ſphérique, & ſa circon-

Quel fut l'étonnement général, lorſque les Inventeurs d'une telle Machine annoncèrent qu'auſſitôt qu'elle ſeroit pleine d'un gaz qu'ils avoient le moyen de produire à volonté par le procédé le plus ſimple, elle

---

férence étoit de cent dix pieds ; un châſſis en bois de ſeize pieds en quarré, la tenoit fixée par le bas. Sa capacité étoit d'environ 22000 pieds cubes ; elle déplaçoit donc, en ſuppoſant la peſanteur moyenne de l'air, comme $\frac{1}{800}$ de la peſanteur de l'eau, une maſſe d'air de 1980 livres.

La peſanteur du gaz étoit à-peu-près moitié de celle de l'air, car il peſoit 990 livres ; & la Machine peſoit avec le châſſis 500 livres. Il reſtoit donc 490 livres de rupture d'équilibré, ce qui s'eſt trouvé conforme à l'expérience. Les différentes pièces de la Machine étoient aſſemblées par de ſimples boutonnières arrêtées par des boutons ; deux hommes ſuffirent pour la monter & pour la remplir de gaz, mais il en fallut huit pour la retenir, & qui ne l'abandonnèrent qu'au ſignal donné : elle s'éleva par un mouvement accéléré, mais moins rapide ſur la fin de ſon aſcenſion, juſqu'à la hauteur d'environ 1000 toiſes. Un vent à peine ſenſible vers la ſurface de la terre, la porta à 1200 toiſes de diſtance du point de ſon départ. Elle reſta dix minutes en l'air ; la déperdition du gaz par les boutonnières, par les trous d'aiguilles & autres imperfections de la Machine, ne lui permit pas d'y reſter davantage. Le vent, au moment de l'expérience, étoit au midi, & il pleuvoit ; la Machine deſcendit ſi légèrement qu'elle ne briſa ni les ceps, ni les échalas de la vigne, ſur leſquels elle ſe repoſa.

s'enlèveroit d'elle-même jusqu'aux nues ! Il faut convenir alors que, malgré la confiance qu'on avoit aux lumières & à la sagesse de Messieurs de Montgolfier, cette expérience paroissoit si incroyable à ceux qui alloient en être les témoins, que les personnes les plus instruites, celles même qui étoient le plus favorablement prévenues, doutoient presque sans balancer, de son succès.

Enfin, Messieurs de Montgolfier mettent la main à l'œuvre, ils procèdent au développement des vapeurs qui devoient produire le phénomène ; la Machine qui ne présentoit alors qu'une enveloppe de toile doublée en papier, qu'une espèce de sac gigantesque de trente-cinq pieds de hauteur, déprimé, plein de plis & vide d'air, se gonfle, grossit à vue d'œil, prend de la consistance, adopte une belle forme, se tend dans tous les points, fait effort pour s'enlever : des bras vigoureux la retiennent, le signal est donné, elle part & s'élance avec rapidité dans l'air, où le mouvement accéléré la porte en moins de dix minutes à mille toises d'élévation.

Elle décrit alors une ligne horizontale de sept mille deux cens pieds, & comme elle perdoit considérablement de son gaz, elle descendit lentement à cette distance, & elle

ſe ſeroit ſans doute ſoutenue bien plus long-tems en l'air, ſi l'on avoit eu la facilité de porter dans ſon exécution la ſolidité & l'exactitude qu'elle exigeoit ; mais le but étoit rempli, & cette première tentative, couronnée d'un auſſi heureux ſuccès, mérite à jamais à Meſſieurs de Montgolfier la gloire d'une des plus étonnantes découvertes.

Pour peu qu'on veuille réfléchir ſur les difficultés ſans nombre que préſentoit une expérience auſſi hardie, ſur la critique amère à laquelle elle expoſoit ſes Auteurs, ſi elle eût manqué par quelque accident, ſur les dépenſes qu'elle a entraînées, l'on ne peut s'empêcher d'avoir la plus grande admiration pour les Auteurs de la Machine aéroſtatique.



EXPÉRIENCE

Faite à Paris au Champ de Mars, le 27 Août 1783, à cinq heures du ſoir, avec un Ballon de taffetas enduit de gomme élaſtique, plein d'air inflammable, tiré du fer.

Les détails de la belle expérience de Meſſieurs de Montgolfier ne furent pas plutôt connus à Paris, que les Amateurs de la phyſique s'occupèrent ſans perdre un moment, du projet de la répéter. Le procès-verbal dreſſé par les Etats particuliers de Vivarais, ainſi que les lettres venues d'Annonay, ne faiſoient pas mention de l'eſpèce de gaz qui avoit été employé; on ſavoit ſimplement que la vapeur dont ces Meſſieurs s'étoient ſervis, étoit une fois plus légère que l'air atmoſphérique; les Phyſiciens n'eurent donc pas de peine à comprendre qu'il s'agiſſoit d'un gaz différent de l'air inflammable qui eſt dix fois plus léger que l'air ordinaire; & l'on conçut très-bien que ce n'étoit pas par ignorance que les Auteurs de la Machine n'avoient pas fait uſage de l'air tiré du fer; car l'on ſait qu'ils ſont verſés dans la chimie & dans la phyſique; mais ils avoient

été arrêtés par les difficultés de ſe procurer quarante mille pieds cubes d'air inflammable dans une ville deſtituée de toute reſſource à cet égard : leur procédé étoit d'ailleurs beaucoup plus ſimple & bien moins diſpendieux, mais il étoit encore inconnu. Il fallut donc avoir recours à d'autres moyens.

La légèreté de l'air inflammable étoit faite pour ſéduire ; mais comment oſer tenter une expérience en grand dans ce genre ? dans quoi retenir une vapeur auſſi ſubtile ? L'on ne fut pas long-tems à ſe décider ; le taffetas enduit de gomme élaſtique de M. Bernard, étoit connu, il en exiſtoit des magaſins à Paris. D'autres Artiſtes qui avoient cherché à l'imiter, vendoient des taffetas vernis au ſuccin, à la gomme copale, à l'encouſtique, &c. Enfin les moyens ne manquoient pas de ce côté-là. L'on ſe décida pour le taffetas enduit de gomme élaſtique ; & l'on borna le diamètre de la Machine à douze pieds environ, tant à cauſe du prix de l'enveloppe, que de la cherté de l'air inflammable, & des difficultés qu'il y avoit à s'en procurer promptement une grande quantité.

La choſe ainſi arrêtée, l'on ouvre une ſouſcription ; le projet de cette expérience ayant couru de bouche en bouche, chacun en eſt

frappé, & tous s'empressent de venir se faire inscrire. Bientôt les noms les plus illustres décorent le tableau de cette *première souscription nationale*; elle mérite ce nom, rien n'avoit été écrit, rien n'avoit été annoncé dans aucun papier public, & tout le monde accouroit en foule pour contribuer à cette curieuse expérience.

Enfin le 23 Août, la Machine étant fabriquée, sa forme offrit celle d'un globe de douze pieds deux pouces de diamètre ; l'exécution en parut belle & régulière; l'on s'occupa du soin de fixer la sphère dans une espèce de harnois destiné à la suspendre ; là, elle fut déprimée, & l'air atmosphérique étant entièrement sorti, le robinet par où on le forçoit de s'échapper fut promptement fermé : la Machine, en cet état, ne ressembloit plus qu'à une espèce de sac plein de plis & vide d'air.

A huit heures du matin, l'on mit la main à l'œuvre pour la remplir ; l'on y procéda d'abord au moyen d'une grande boîte à tiroirs doublés de plomb, surmontée d'un chapiteau ou conduit supérieur qui s'adaptoit au robinet adhérent au Ballon ; les tiroirs furent garnis de limaille de fer & d'acide vitriolique, affoibli d'eau : en multipliant ainsi les surfaces, le but étoit de se procurer une quantité considérable d'air inflammable ; mais cette espèce d'armoire

que je décrirai plus au long, ſujette à mille inconvéniens, & beaucoup trop compliquée, fit perdre du tems & de l'air inflammable. Enfin, las de manœuvrer preſqu'infructueuſement ce mauvais appareil, il fallut y renoncer; il fut réformé à deux heures, & on y ſubſtitua ùn ſimple tonneau placé verticalement, dans lequel on jetoit, à l'aide d'une ouverture pratiquée ſur ſon diſque ſupérieur, une grande quantité de limaille de fer & d'acide vitriolique; ce trou étoit rebouché ſubitement, & l'air inflammable ſe dégageant alors par grandes bouffées, paſſoit par une ſeconde ouverture placée à côté de la première, & qui communiquoit d'abord à l'aide d'un tube de fer-blanc, & enſuite d'un tuyau de cuir verni à la gomme élaſtique, avec le robinet adhérent à l'orifice du Ballon.

Le gaz s'introduiſant dans le tube, montoit avec rapidité dans le Globe, & lorſque l'effervescence ceſſoit, le robinet étoit fermé; de nouvelle limaille & de l'acide vitriolique étoient jetés par le trou qu'on débouchoit; le gaz ſe dégageoit, le robinet s'ouvroit, & l'air inflammable s'engouffroit dans le Ballon. Voyez la Planche III, où cette manœuvre a été deſſinée d'après nature par M. Lawrens, habile Peintre Suédois.

Quoique cette opération allât très-vite, parce qu'elle étoit ſecondée par des Amateurs pleins de zèle & d'intelligence, elle étoit néanmoins encore ſujette à quelques inconvéniens qui ne laiſsèrent pas de donner des inquiétudes : car l'acide vitriolique attaquant la limaille de fer, produiſoit un degré de chaleur ſi violent, qu'une partie de l'eau mêlée à cet acide étoit promptement réduite en vapeurs rendues cauſtiques par l'action du gaz acide ſulfureux qui ſe dégageoit en même-tems.

Les vapeurs élevées avec le gaz inflammable juſqu'au faîte intérieur de la Machine, s'y condenſoient ſubitement, & couloient enſuite le long du taffetas qu'elles auroient certainement corrodé ſans la couche de gomme élaſtique.

Comme cette eau imprégnée d'acide ſe réuniſſoit dans le bas de la Machine où elle formoit des eſpèces de bourrelets, l'on étoit obligé d'intervalle en intervalle de la faire écouler par le robinet, en ſecouant le taffetas.

D'un autre côté, la chaleur qui partoit du tonneau étoit ſi conſidérable qu'elle ſe communiquoit au tube de cuir & de là à la Machine; le robinet en étoit ſi échauffé qu'il étoit impoſ-

ſible d'y tenir la main. L'on étoit donc obligé non-ſeulement de l'envelopper de linges mouillés ; mais l'on étoit contraint, pour la conſervation du Ballon, d'en arroſer ſans ceſſe le taffetas avec de petites pompes qu'on dirigeoit contre ſa partie inférieure, pour affoiblir la chaleur qui étoit ſi forte, que ſans cette précaution la Machine couroit le plus grand danger.

Ce premier eſſai fut très-pénible ; mais le réſultat en parut ſatisfaiſant ; puiſqu'à neuf heures du ſoir le Ballon fut plein d'air au tiers. Quelques heures après tout fut détruit par trop de précaution ; le robinet fut fermé avec ſoin ; mais un des Artiſtes ayant quelques inquiétudes à ce ſujet, alla malheureuſement l'ouvrir en comptant de le fermer.

Le lendemain 24 l'on arriva avec empreſſement dès la pointe du jour, pour ſe remettre à l'œuvre, & l'on ne fut pas peu ſurpris de trouver le Ballon très-gonflé & preſque plein, tandis que la veille il étoit à peine rempli au tiers.

L'on ne put rien concevoir d'abord à cette augmentation, & l'étonnement ne ceſſa que lorſqu'on ſe fut apperçu que le robinet, qui avoit trois pouces de largeur, étoit ouvert. Il parut cependant aſſez extraordinaire que le

Ballon eût aſpiré une ſi grande quantité d'air atmoſphérique. L'eſſai en fut fait ſur-le-champ avec le piſtolet de Volta, & il y eut exploſion. La doſe d'air commun étoit donc en proportion avec l'air inflammable comme deux à un.

Cet accident ne laiſſa pas que de décourager un peu, car l'on avoit eu de grandes peines la veille ; mais enfin l'expérience étoit annoncée, & il falloit faire voir du moins aux Souſcripteurs, que rien n'avoit été négligé. Ce qu'il y avoit de plus gênant encore, c'eſt qu'il n'étoit pas poſſible d'employer des gens de peine à manœuvrer la Machine ; car elle ne pouvoit être confiée qu'à des perſonnes intelligentes & adroites. Enfin, pluſieurs Amateurs, portés de bonne volonté, vinrent ſe joindre aux autres. Le zèle & l'émulation s'en mêlèrent, & l'eſpérance ranima tout.

Il eſt à propos d'obſerver, avant de continuer l'hiſtorique de ces détails, que quoiqu'un Ballon de 12 pieds 2 pouces de diamètre ne ſoit pas d'une capacité bien conſidérable en apparence, il ne laiſſoit pas que d'être d'un volume remarquable, lorſqu'il s'agiſſoit de le remplir d'air inflammable ; & l'on en ſera convaincu, lorſqu'on ſaura que, pour faire la quantité de gaz néceſſaire, en y

comprenant, à la vérité, ce qui s'étoit perdu la veille, & ce qu'il en falloit pour remplir de nouveau & entretenir le Ballon, l'on employa 1000 livres peſant de limaille de fer en poudre ou en copeaux, & 498 livres d'acide vitriolique à 46 degrés de concentration. Les perſonnes exercées dans l'art des expériences, comprendront très-bien que celle-ci ne devoit pas être ſans difficultés, ni ſans danger, puiſqu'il s'agiſſoit de manier une auſſi grande quantité d'acide concentré, & de développer autant d'air inflammable, ſi fétide & ſi fatigant à reſpirer.

Toute la journée du 24 fut employée à produire de l'air inflammable, à rafraîchir le Ballon, & à le préſerver d'accident; mais les coopérateurs furent bien dédommagés de leurs peines, lorſqu'ils apperçurent qu'il tendoit à s'élever avec effort, à ſix heures du ſoir, quoiqu'il ne fût rempli qu'à demi. Le courage redoubla, l'enthouſiaſme s'en mêla; l'on vit dès-lors le ſuccès de l'expérience; à ſept heures, le Globe faiſoit effort contre les liens qui le retenoient. L'on prit les précautions les plus ſûres, pour qu'il n'arrivât aucun accident pendant la nuit; le robinet fut ſoigneuſement fermé, la clef fût emportée, & chacun ſe retira content.

L'on juge que le lendemain 25, ce fut à

qui arriveroit le premier pour rendre visite à la Machine. Elle fut reconnue être dans le meilleur état ; l'on y introduisit du gaz pour réparer les pertes inévitables qui s'étoient faites pendant la nuit, soit par des pores imperceptibles, soit par des trous d'aiguilles que la gomme élastique n'avoit pas entièrement bouchés. On la pesa à six heures du matin, après l'avoir débarrassée de ses attaches ; & quoiqu'elle ne fût pleine environ qu'à demi, elle enlevoit vingt-une livres : comme le jour fixé pour l'expérience publique étoit indiqué au 27, on ne voulut pas la remplir davantage, crainte de la fatiguer. Pesée de nouveau à neuf heures du soir, elle n'enlevoit plus que dix-huit livres ; elle avoit donc perdu dans quinze heures trois livres de poids ; c'est-à-dire, que l'équilibre en moins étoit rompu de trois livres.

Le 26, le Globe fut visité à la pointe du jour, & fut trouvé en très-bon état ; il avoit perdu de l'air inflammable à-peu-près dans les mêmes proportions que la veille. On se remit au travail pour augmenter le gaz ; & dès huit heures du matin, on sortit le Ballon de son harnois, on l'attacha à de petites cordes, & on eut le plaisir de le voir s'élever à plus de 100 pieds.

Une nombreuse populace accourut aussitôt

de toute part ; la Place des Victoires fut couverte de monde, & la surprise des personnes qui n'étoient pas prévenues fut extrême, en voyant dans les airs un corps de ce diamètre. Mais le vent qui survint, pouvant le fatiguer, on le retira pour le remettre à sa première place, dans la cour où étoit son établissement ; & il eut ce jour-là une si grande quantité de visites, qu'une garde du Guet à pied & à cheval, établie à la porte, ne put jamais retenir l'affluence du monde, & qu'il fallut se déterminer à laisser les portes ouvertes pour satisfaire la curiosité & l'empressement du Public.

Comme le Ballon devoit passer par la porte cochère, on avoit eu l'attention de ne pas achever de le remplir dans la journée ; ce n'étoit certainement pas un petit embarras que cette sortie de la cour. L'on avoit eu d'abord le projet de le faire passer par-dessus la maison, en le retenant avec une corde & le laissant s'élever de lui-même, pour le retirer ensuite par la Place des Victoires. Mais comme cette opération devoit se faire pendant la nuit, afin de n'être pas gêné par un Public toujours importun, & qu'il étoit aussi difficile que périlleux d'agir dans les tenèbres avec une Machine de cette espèce, il fallut se déterminer

miner à la faire paſſer par la porte cochère, en la confiant à des mains habiles, qui devoient la diriger avec prudence.

L'on expédia d'abord pour le Champ de Mars l'attirail & tous les acceſſoires néceſſaires à l'expérience ; à deux heures après minuit le Ballon fut dégagé de ſes liens ; des perſonnes intelligentes le tranſportèrent juſqu'à la porte : & comme il n'étoit pas plein, on eut la facilité de le comprimer & de lui faire adopter une forme allongée, qui lui permit d'arriver ſur la Place des Victoires ſans le plus léger accident. Il fut dépoſé ſur un brancard prêt à le recevoir, & diſpoſé pour cet objet. Les mêmes liſières qui le tenoient ſuſpendu dans la cour, le rendirent ſtable, & il entra en marche.

Rien de ſi ſingulier que de voir ce Ballon ainſi porté, précédé de torches allumées, entouré d'un cortège, & eſcorté par un détachement du Guet à pied & à cheval. Cette marche nocturne, la forme & la capacité du corps qu'on portoit avec tant de pompe & de précaution ; le ſilence qui régnoit, l'heure indue, tout tendoit à répandre ſur cette opération une ſingularité & un myſtère véritablement faits pour en impoſer à tous ceux qui n'auroient pas été prévenus. Auſſi les

Cochers de fiacres qui ſe trouvèrent ſur la route, en furent ſi frappés, que leur premier mouvement fut d'arrêter leurs voitures, & de ſe proſterner humblement, chapeau bas, pendant tout le tems qu'on défiloit devant eux.

Enfin le Ballon arriva par les rues des *Petits-Champs*, de *Richelieu*, de *S. Nicaiſe*, par le *Carouſel*, le *Pont-Royal*, la rue de *Bourbon* & les *Invalides*, à l'Ecole Militaire, où il fut déposé au milieu du Champ de Mars, dans une enceinte diſpoſée pour le recevoir. La courſe qu'il venoit de faire n'étoit pas petite, car la Carte de Paris donne 1700 toiſes depuis la partie de la Place des Victoires d'où il partit, juſqu'au point où il arriva.

Les liſières qui l'enveloppoient ſervirent à le retenir en place, au moyen de petites cordes fixées vers le méridien du globe, & qui furent arrêtées dans des anneaux de fer plantés en terre.

Dès l'inſtant où le jour parut, l'on s'occupa à faire de l'air inflammable pour remplir le Ballon. L'activité qu'on mit dans ce travail, fut telle, qu'à midi il étoit aſſez plein pour avoir une belle forme, & qu'il falloit peu de tems pour achever de le remplir ; mais l'on réſervoit au Public le reſte de l'opération,

pour lui donner une idée de la manière dont on produisoit le gaz.

Le Champ de Mars étoit garni de troupes, les avenues étoient gardées de tout côté ; les ordres étoient donnés pour faciliter la marche des voitures, & prévenir les accidens. A trois heures, l'on vit le Champ de Mars se couvrir de monde ; les carosses arrivoient de toute part, & bientôt ils ne purent aller qu'à la file. Les bords de la rivière, le chemin de Versailles, l'amphithéâtre de Passy étoient garnis d'une foule immense de Spectateurs. L'Hôtel de l'Ecole Militaire & le Champ de Mars renfermoient la plus superbe & la plus nombreuse assemblée. A cinq heures, un coup de canon fut le signal qui annonça que l'expérience alloit commencer ; il servit en même-tems d'avertissement pour les Savans placés sur la terrasse du Garde-Meuble de la Couronne, sur les tours de Notre-Dame & à l'Ecole Militaire, & qui devoient appliquer les instrumens & les calculs à leur observation. Le Globe, dépouillé des liens qui le retenoient, s'éleva, à la grande surprise des Spectateurs, avec une telle vitesse, qu'il fut porté en deux minutes à 488 toises de hauteur ; là, il trouva un nuage obscur dans lequel il se perdit ; un second coup de

canon annonça fa difparition, mais on le vit bientôt percer la nue, reparoître un inftant à une très-grande élévation, & s'éclipfer dans d'autres nuages.

La pluie violente qui furvint au moment où le Globe s'élevoit, ne l'empêcha pas de monter avec une extrême rapidité; & l'expérience eut le plus grand fuccès, elle étonna tout le monde. L'idée qu'un corps parti de terre, voyageoit dans l'efpace, avoit quelque chofe de fi admirable & de fi fublime, elle paroiffoit fi fort s'écarter des loix ordinaires, que tous les Spectateurs ne purent fe défendre d'une impreffion qui tenoit de l'enthoufiafme. La fatisfaction étoit fi grande, que les Dames, élégamment vêtues, les yeux dirigés fur le Globe, recevoient la pluie la plus forte & la plus abondante, fans fe déranger, s'occupant beaucoup plus alors de voir un fait auffi furprenant, que du foin de fe garantir de l'orage.

Le Globe avoit 12 pieds 2 pouces de diamètre; fa circonférence exacte étoit donc de 38 pieds 3 pouces 8 lignes; fa capacité intérieure de 943 pieds 6 lignes cubes; le poids du taffetas & du robinet, de 25 livres; & la force d'afcenfion, lorfqu'il s'eft élevé, de 35 livres. *Voyez* les détails à ce fujet, dans la Lettre

de M. de Meuſnier & dans celle qui la ſuit.

L'on eut tort, dans cette expérience, d'introduire de l'air atmoſphérique dans le Globe, pour achever de le remplir & lui donner une forme bien arrondie ; cet air ne pouvoit qu'occaſionner une preſſion nuiſible à l'enveloppe : mais on en eut un bien plus grand encore d'y faire paſſer trop d'air inflammable, ce qui augmenta de beaucoup le degré de force expanſive. Cet air lui donnoit la facilité de réagir avec violence contre les parois du Ballon, lorſqu'il ſeroit parvenu à une région où l'air atmoſphérique ſeroit moins denſe. Mais il n'eſt pas étonnant que, dans une première expérience de cette nature, on n'ait pas tout prévu ; l'on ſait d'ailleurs qu'une circonſtance qu'il eſt inutile de rappeler ici, empêcha les perſonnes qui avoient prévu cette faute, & qui avoient recommandé de l'éviter, d'être entendues. Quoi qu'il en ſoit, le Ballon ne ſe ſoutint tout au plus que trois quarts-d'heure en l'air, & tomba à cinq heures trois quarts, à côté de la remiſe d'Ecouen, ayant une ouverture ſur ſa partie ſupérieure. Il fut ramaſſé par des Payſans de Goneſſe, qui le traînèrent à travers les champs pendant un mille, & le mirent dans le plus mauvais état. L'on compte environ cinq lieues du point

de ſon départ à celui de ſa chûte, c'eſt-à-dire, du Champ de Mars, à Ecouen.

L'expérience n'en fut pas moins intéreſſante, & la première qui ait été faite en ce genre. *MM. Robert*, Mécaniciens, avoient été chargés de conſtruire le Globe, & *M. Charles*, Profeſſeur de Phyſique, du ſoin de veiller à leurs travaux.

EXPÉRIENCES
AÉROSTATIQUES,
FAITES
AVEC DE PETITS BALLONS.

M. de Montgolfier le jeune étant arrivé à Paris quelque tems avant l'expérience du Champ de Mars, & ayant été invité par l'Académie Royale des Sciences à répéter celle d'Annonay, s'occupa à faire conſtruire une Machine de 70 pieds de hauteur, ſur 40 de diamètre. Il fallut du tems pour exécuter un Ballon de ce volume.

Dans cet intervalle, les Amateurs de la phyſique s'exercèrent à faire diverſes expériences en petit, d'après celle du Champ de Mars: car, quoique M. de Montgolfier fût bien éloigné ſans doute de faire un myſtère

de son procédé, il s'étoit réservé de ne le déclarer qu'à la première expérience qu'il feroit lui-même ; & personne ne pouvoit désapprouver sa conduite à ce sujet.

L'on essaya d'abord de faire des Ballons en papier fin & léger ; mais cette matière étant perméable à l'air inflammable, personne ne put réussir à enlever des Ballons de cette espèce. Il fallut donc chercher une matière moins poreuse & plus légère encore, s'il étoit possible ; & l'on y réussit.

Le Journal de Paris, du 11 Septembre, apprit au Public, que M. le baron de Beaumanoir, qui cultive avec autant de succès que de zèle les sciences & les beaux-arts, devoit faire partir un Ballon de 18 pouces de diamètre (1). A midi de ce même jour, il fit

---

(1) Voici la lettre de M. le baron de Beaumanoir, telle qu'elle est imprimée dans le Journal de Paris. « Messieurs, je viens d'exécuter, aujourd'hui 10 Septembre, un *minimum* de la Machine aérostatique de » MM. de Montgolfier, par l'enlèvement d'un Ballon » d'un pied & demi de diamètre, & qui ne pesoit que » cinq gros trois quarts ; il a déplacé un volume d'air » de vingt-un gros, & s'est élevé par conséquent avec » une force de douze gros, en supposant l'air inflammable à trois gros un quart. Je vous prie de me permettre de prendre date dans votre Journal pour une » expérience que les Amateurs pourront venir voir au-

cette expérience en présence d'une nombreuse assemblée, dans le jardin qui fait face à l'hôtel de Surgeres, *rue de la Ville-l'Evêque*. Comme M. de Beaumanoir vouloit répéter l'expérience le soir, il n'abandonna pas le Ballon qui s'éleva très-bien, mais qui fut retenu par un fil de soie qui ne lui permit guère de monter au-delà de 50 pieds. A cinq heures du soir du même jour, ce petit Globe fut rempli de nouvel air inflammable, & fut abandonné à lui-même. Les Spectateurs eurent le plaisir de le voir s'élever à une très-grande hauteur ; il disparut ensuite en prenant la route de Neuilly, & l'on assure qu'il fut retrouvé à plusieurs lieues par des Paysans.

Quoique cette expérience pût être regardée en rigueur comme un objet de pure curiosité, elle ne laissa pas que d'intéresser les personnes qui se proposoient de faire des recherches pratiques sur les gaz. Celle-ci nous donnoit un fait de plus & une application en petit, qui pouvoit servir d'échelle & d'objet de comparaison. Ce n'étoit pas absolument le *minimum*, mais l'on étoit sur la voie de le trouver. Je sais, à la vérité, qu'en connoissant le poids

» jourd'hui jeudi à l'hôtel de Surgeres, rue de la Ville-
» l'Evêque, à onze heures précises du matin ».

J'ai l'honneur d'être, &c. Le Baron DE BEAUMANOIR.

des matières qu'on vouloit employer, le calcul conduifoit au même but ; mais l'expérience frappe beaucoup plus que la théorie, & elle fixe plus irrévocablement les idées. D'ailleurs il falloit trouver la matière légère qu'on vouloit employer ; & fans cette expérience, on n'y feroit certainement jamais parvenu.

La matière qu'employa M. le baron de Beaumanoir, étoit une fubftance animale, connue dans l'art du Batteur d'or fous le nom de *peau de baudruche.* C'eft entre des livrets de cette peau, d'une légèreté & d'une foupleffe extrême, qu'on parvient à réduire l'or en feuillets fi minces, qu'ils peuvent fe foutenir & flotter affez long-tems dans l'air.

La *baudruche* n'eft que la pellicule intérieure qui tapiffe le gros boyau du bœuf : on détache cette légère enveloppe, qu'on étend toute fraîche fur des planches, pour avoir la facilité d'enlever avec délicateffe les parties graffes & filandreufes qui la rendroient inégale ; on la laiffe fécher en cet état, & on lui donne d'autres préparations pour l'adoucir & la rendre propre au genre d'emploi auquel on la deftine.

Lorfque cette peau a paffé plufieurs fois fous le marteau du Batteur d'or, l'on en fait ufage pour les coupures, & elle produit le

même effet que le taffetas d'Angleterre ; c'est-à-dire, qu'elle intercepte très-bien l'action de l'air : elle est connue alors sous le nom de *peau divine*.

M. Deschamps de Neufchâteau, peintre demeurant dans la Cour du Commerce, eut le premier l'idée d'employer cette matière ; il en porta des échantillons à M. le baron de Beaumanoir, qui en reconnut l'avantage, & exécuta sur-le-champ le premier Ballon fait en ce genre (1). Le même Peintre en fit bientôt de plusieurs grandeurs ; & il parvint à leur donner la forme sphérique ou ovale la plus parfaite.

Peu de jours après, plusieurs personnes cherchèrent à imiter les Ballons de M. Deschamps, & elles y parvinrent. M. Gardeux, sculpteur, m'en apporta un de sept pouces de diamètre ; je le fis enlever dans le Jardin du Palais Royal, & il partit très-bien.

---

(1) M. Cavallo, à Londres, ne pouvant pas faire enlever des Ballons de papier, avoit eu en 1781 l'idée d'employer la même matière que M. Deschamps, mais il ne fit aucun essai à ce sujet. Croiroit-on que deux siècles auparavant, Jules-César Scaliger proposoit, pour imiter la Colombe volante d'Architas, de faire usage d'une enveloppe de la même peau des Batteurs d'or ? *Scaliger de subtilitate ad Cardanum*, *exercit.* 326.

Enfin, M. Deschamps voulant renchérir sur ceux qui imitoient ses Ballons, en fit un de six pouces de diamètre, de la plus jolie forme. Il voulut bien m'en faire le sacrifice, & me pria de le mettre en expérience ; je le remplis d'air inflammable tiré du zinc par l'acide marin, en présence de M. le chevalier de Lorimier, de M. Mogué de Querville, de M. le comte de Baruel & de plusieurs autres personnes qui se trouvoient dans ce moment chez moi. Le petit Ballon s'éleva très-bien, & alla se fixer contre le plancher de mon appartement qui a douze pieds de hauteur. Il se seroit élevé à perte de vue, si j'avois voulu l'abandonner en plein air, mais j'étois bien-aise de le conserver pour d'autres expériences.

Si ce Ballon qui avoit douze pouces de diamètre de moins que celui de M. le baron de Beaumanoir, n'est pas le *minimum*, il en est certainement très-près ; car, si l'on n'avoit pas pris les plus grandes précautions pour le remplir, il ne seroit certainement pas parti, cette matière prenant l'humidité de l'air, & sa force d'ascension n'étant que de dix grains (1).

(1) Ce Ballon, fait avec un soin extrême, avoit six

Bientôt les Ballons aérostatiques en peau de baudruche devinrent à la mode, & il ne se passa pas de jour que l'on n'en enlevât plusieurs, soit à la ville, soit à la campagne. L'on en fit même de 30 pouces de diamètre. Mais cette matière est fort chère, & sujette à divers inconvéniens ; car elle reçoit l'humidité, ce qui augmente son poids ; & elle ne retient pas long-tems l'air inflammable, qui s'échappe bientôt par des pores invisibles à l'œil, mais qui n'en existent pas moins dans le tissu d'une membrane aussi délicate.

---

pouces de diamètre ; il ne pesoit que . . . 36 grains.

L'air atmosphérique qu'il déplaçoit étoit de 51

Son solide étoit de 113 pouces $\frac{1}{7}$ cubes, dont 1728 font le pied cube d'air atmosphérique qui pèse 780 grains environ.

L'air inflammable tiré du zinc, étant $\frac{1}{10}$, pesoit dans le Ballon 5

Poids du Ballon. 36

La force d'ascension étoit donc de 10

Poids total, 51 grains.

Mais si l'on fait attention qu'il est très-difficile de remplir parfaitement un tel Ballon, qu'il en faut lier l'ouverture avec du fil, & qu'il se perd toujours de l'air dans cette manœuvre, l'on verra que la rupture d'équilibre étoit bien légère ; ainsi un Ballon de cette espèce est très-rapproché du véritable *minimum*.

EXPÉRIENCE

FAITE avec un Ballon de 70 pieds de hauteur ſur 40 de diamètre, dans le jardin de M. Reveillon, rue de Montreuil, fauxbourg S. Antoine, le 12 Septembre 1783, en préſence de Meſſieurs les Commiſſaires de l'Académie Royale des Sciences.

LA Machine aéroſtatique que M. de Montgolfier faiſoit exécuter au fauxbourg S. Antoine, étoit en toile de canevas, doublée tant en dedans qu'en dehors d'un fort papier.

Sa coupe géométrique étoit formée ;

1°. Par un priſme de 24 pieds de hauteur :

2°. Par une pyramide de 27 pieds ½ qui devoit couronner le priſme ;

3°. Par un cône tronqué, de 18 pieds ½, deſtiné à former la partie inférieure de la Machine.

Chacune de ces portions étoit composée de 24 bandes ou méridiens, réunis & couſus enſemble.

En cet état la Machine développée, pleine de gaz, & tendue dans tous les points, devoit

affecter la forme d'un sphéroïde. La Planche IV, dessinée d'après nature, en donne la figure la plus exacte.

La Machine étoit peinte en bleu d'azur, & représentoit une espèce de tente avec son pavillon, & ses ornemens en couleur d'or. Sa longueur totale étoit de 70 pieds, & son poids de 1000 livres. L'air qu'elle déplaçoit pouvoit être évalué à environ 4500 livres; & la vapeur dont elle devoit être remplie, étant une fois plus légère que l'air commun, ne pesoit que 2250 livres : il y avoit donc un excès de légèreté de 1250 livres; la Machine pouvoit donc enlever un poids de cette force.

L'approche de l'équinoxe ayant amené les pluies d'automne, les opérations relatives à cette expérience furent sans cesse contrariées. La Machine étoit d'un si grand volume, qu'il étoit impossible de l'assembler & de la coudre autre part qu'en plein air & dans le jardin spacieux où elle devoit être établie. C'étoit un très-grand embarras que de ployer chaque soir une enveloppe si lourde, & que les forts papiers dont elle étoit couverte rendoient cassante; aussi falloit-il ordinairement au moins vingt hommes pour la remuer, & ils étoient obligés d'user d'adresse & de précaution pour

ne rien détruire. Jamais machine n'a donné autant d'inquiétude ni d'embarras.

Il eſt vrai que M. de Montgolfier n'auroit pu trouver un lieu plus commode ni plus agréable, & ſur-tout un ami plus obligeant que M. Reveillon, propriétaire de la manufacture royale de papiers peints, de la rue de Montreuil. Les peines, le zèle & le déſintéreſſement qu'il n'a ceſſé de mettre dans tout ce qui étoit relatif aux expériences de M. de Montgolfier, lui ont fait un véritable honneur dans l'eſprit de tous ceux qui en ont été témoins. Les ſciences ſont ſi ſouvent contrariées, qu'on ne ſauroit trop avoir de reconnoiſſance pour ceux qui s'empreſſent ainſi de leur être utiles.

Cette Machine auroit pu ſans doute être conſtruite d'une manière plus ſolide & moins ſujette à être endommagée, & M. de Montgolfier en convenoit lui-même; mais divers motifs l'avoient déterminé à ne pas la faire autrement. Le premier étoit relatif à l'expérience d'Annonay, où l'on avoit procédé avec une enveloppe ſemblable qui avoit parfaitement réuſſi, & il étoit de la prudence, pour avoir les mêmes réſultats, d'employer ſévérement la même méthode. Il falloit d'ailleurs s'occuper de la meilleure manière d'empêcher la vapeur

de ſe diſſiper ; & la double enveloppe de papier étoit alors ce qu'il y avoit de plus convenable pour cet objet.

Le ſecond motif ne pouvoit que faire honneur à la délicateſſe de M. de Montgolfier, car Meſſieurs de l'Académie Royale des Sciences, mieux en état que perſonne d'apprécier le mérite de cette découverte, & en ayant ſenti toute l'importance, avoient offert de payer les frais de cette Machine ſans les limiter, & cela ſuffiſoit pour que l'Auteur cherchât les moyens les plus économiques de diminuer la dépenſe.

Enfin le 11 du mois de Septembre, le tems paroiſſant ſe diſpoſer au beau, la Machine étant entièrement finie, fut miſe en place & diſpoſée pour faire les premières expériences. L'on en fit le ſoir même l'eſſai, l'on vit avec admiration cette belle Machine ſe remplir en neuf minutes, ſe redreſſer ſur elle-même, ſe tendre dans tous les points, & prendre la plus belle forme. Huit hommes qui la retenoient, furent ſoulevés à pluſieurs pieds, & elle ſe ſeroit enlevée à une grande hauteur, ſi on ne lui avoit pas oppoſé de nouvelles forces.

Meſſieurs les Commiſſaires de l'Académie des Sciences furent invités à aſſiſter le lendemain,

main, à huit heures du matin, à l'expérience qui leur étoit consacrée, & qui eût été répétée plusieurs fois à leur volonté, si le mauvais tems n'avoit pas tout dérangé.

Le lendemain, vendredi 12 Septembre, Messieurs Cadet, l'abbé Bossut, Brisson, Lavoisier & Desmarest, Commissaires, étant arrivés, l'on vit avec inquiétude que des nuages épais se disposoient à couvrir l'horizon, & qu'on étoit menacé d'orage. Cependant le mauvais tems n'étoit pas décidé, il étoit possible que tout se pafsât sans pluie; les préparatifs étoient faits. Une assemblée nombreuse & distinguée, brûloit du desir de voir cette belle expérience. L'on craignoit d'ailleurs qu'en différant encore, l'expérience fût rejetée trop loin; tout l'appareil étoit en état, il eût fallu du tems pour le démonter: l'on se décida donc à remplir le Ballon.

Cinquante livres de paille séche qu'on alluma par paquets, & sur lesquelles on jeta à diverses reprises une dizaine de livres de laine hachée, produisirent en dix minutes une vapeur si expansive & douée d'une telle force, que la Machine, malgré sa pesanteur, quoique déprimée & repliée sur elle-même, se redressa graduellement & comme par ondulation: son volume & sa capacité étonnèrent les specta-

teurs ; & lorſqu'elle ſe fut développée en entier, & qu'elle tendit à s'enlever, la ſurpriſe & l'admiration redoublèrent.

La Machine perdit terre, & ſe ſoutint à plusieurs pieds avec une charge de cinq cens livres. Si l'on eût coupé dans ce moment les cordes qui la retenoient, elle alloit s'enlever à une très-grande hauteur. La pluie ſurvint ſubitement ; alors le vent ſouffla avec impétuoſité ; le plus ſûr moyen de ſauver la Machine, étoit de la laiſſer partir (1). Mais, comme elle étoit deſtinée à des expériences qui devoient avoir lieu à Verſailles, on voulut ne pas l'abandonner, & les efforts qu'on fit pour l'obliger à deſcendre, joints à des coups de vent furieux & à la pluie qui l'inondoit, la déchirèrent en pluſieurs endroits. Comme l'orage redoubla, & ſe ſoutint long-tems, il fut abſolument impoſſible de la manœuvrer en cet état. Elle endura la pluie pendant plus de vingt-quatre heures ; les papiers ſe décollèrent & tombèrent en lambeaux ; le canevas fut mis à découvert, & cette belle & ſuperbe Machine, qui avoit

(1) C'étoit l'avis de M. Argant, citoyen de Genève, ami de MM. de Montgolfier, & ſavant phyſicien, à qui l'on doit pluſieurs découvertes importantes.

coûté tant de ſoins, fut détruite en très-peu de tems.

Les Spectateurs, ſenſibles à ce fâcheux événement, donnèrent à M. de Montgolfier les marques les plus flatteuſes de l'intérêt qu'ils prenoient à ſa découverte. Meſſieurs les Commiſſaires de l'Académie s'empreſsèrent de lui remettre ſur-le-champ une atteſtation, qui fait honneur à leur juſtice & à leur manière de voir (1).

---

(1) Comme cette atteſtation conſtate l'aſcenſion de la Machine avec les poids qu'elle portoit, & qu'elle prouve que l'expérience n'a été dérangée que par une force majeure, qui n'a diminué en rien le mérite de la découverte, j'ai cru devoir la conſigner ici :

« Meſſieurs les Commiſſaires de l'Académie Royale » des Sciences ſe ſont tranſportés, aujourd'hui 12 Sep» tembre le matin, dans la Manufacture de papiers peints » de M. Reveillon, rue de Montreuil, fauxbourg Saint» Antoine, pour être témoins des effets de la Machine » aéroſtatique de MM. de Montgolfier. Elle a été rem» plie en grande partie de gaz, & elle a perdu terre, » chargée de quatre à cinq cens livres. Mais la pluie & » le vent qui avoient commencé pendant la nuit, & qui » ont été preſque continuels pendant toute la matinée, » n'ont pas permis de continuer l'expérience, & ont » d'ailleurs tellement fatigué la Machine, qu'elle a » beſoin de réparations eſſentielles. M. de Montgolfier » eſtime qu'il faut pluſieurs jours pour la mettre en bon

EXPÉRIENCE

FAITE à Verſailles, le 19 Septembre 1783, en préſence du Roi & de la Famille Royale, par M. de Montgolfier, avec une Machine aéroſtatique de 57 pieds de hauteur ſur 41 de diamètre.

LE jour de l'expérience de Verſailles étoit fixé au 19, mais la Machine qui devoit ſervir à la répéter, étoit abſolument hors de ſervice. M. de Montgolfier calcula les heures qui lui reſtoient; ſes amis ſe joignirent à lui (1), & le dimanche 14, on mit la main à un nouveau Ballon qu'on ſe détermina à conſtruire entièrement en bonne toile. Rien ne fut épargné, l'on travailla nuit & jour; & le jeudi 18, la

» état, & qu'il eſt néceſſaire d'attendre, pour opérer, » un tems calme & ſerein. A Paris, à la Manufacture » de M. Reveillon, ce 12 Septembre 1783. *Signé*, » CADET, BOSSUT, BRISSON, LAVOISIER & » DESMAREST ».

(1) Entr'autres, MM. Reveillon, Argand, Mogué de Querville, Quinquet, Lange, Meigner, &c.

Machine fut entièrement conſtruite, peinte & décorée : le ſoir même on en fit l'eſſai en préſence de Meſſieurs les Commiſſaires de l'Académie qu'on eut l'attention d'y inviter, & elle réuſſit très-bien.

L'on avoit été obligé d'employer près d'un mois pour conſtruire la Machine de canevas doublée en papier; celle en toile, en y travaillant avec un zèle & une activité qui n'ont pas d'exemple, fut terminée le cinquième jour.

Le lendemain 19, elle fut établie dans la grande cour du château de Verſailles, ſur un théâtre octogone qui correſpondoit à l'attirail & aux cordages tendus pour la manœuvrer.

Cette eſpèce d'échafaud, recouvert & entouré de toiles de toute part, avoit dans le milieu une ouverture de plus de quinze pieds de diamètre, autour de laquelle on pouvoit circuler au moyen d'une banquette deſtinée à ceux qui faiſoient le ſervice de la Machine. Une garde nombreuſe décrivoit une double enceinte autour de ce vaſte théâtre.

Le dôme de la Machine étoit déprimé, & portoit horizontalement ſur la grande ouverture de l'échafaud à laquelle il ſervoit de voûte; le reſte des toiles étoit abattu, & ſe replioit

circulairement ſur les banquettes ; de ſorte qu'en cet état, la Machine n'avoit aucune eſpèce d'apparence, & reſſembloit à un amas de toiles de couleur qu'on auroit entaſſées ſans ordre : il en régnoit cependant un très-grand dans la diſpoſition & la conduite de tout cet appareil.

Le deſſous de l'échafaud étoit conſacré pour les opérations propres à produire la vapeur. C'étoit ſous la grande ouverture, recouverte par le dôme de la Machine, que devoit ſe faire ce travail. Au milieu & à terre étoit un réchaud de fer à claire voie, de quatre pieds de hauteur, ſur trois de diamètre, fait pour recevoir les matières combuſtibles. Un entourage en forte toile, peinte & de forme circulaire, adhérant à la baſe du Ballon, & deſcendant par le trou juſques ſur le pavé, pouvoit être conſidéré comme un vaſte entonnoir, comme une eſpèce de cheminée deſtinée à contenir les vapeurs, & à les conduire dans l'intérieur de la Machine ; de ſorte que les perſonnes qui devoient diriger le feu, ſe trouvoient placées par ce moyen ſous le Ballon même ; elles avoient à leur portée des proviſions de paille & de laine hachée pour produire la vapeur, ainſi qu'une cage d'oſier avec un mouton, un coq & un

canard, & tous les autres agrets néceſſaires pour l'expérience.

Je m'étends peut-être un peu trop ſur ces détails ; mais ils ſont trop inſtructifs pour être négligés. Ils démontrent d'ailleurs combien cette expérience exigeoit de ſoins & de combinaiſons. Il eſt vrai que M. de Montgolfier trouva toutes les facilités & tous les moyens qu'il pouvoit deſirer (1).

A dix heures du matin la route de Paris à Verſailles étoit couverte de voitures ; l'on arrivoit en foule de toutes parts : & à midi les avenues, les cours du château, les fenêtres

---

(1) M. le maréchal de Duras, gentilhomme de la Chambre, donna dans cette occaſion des preuves de l'intérêt qu'il prenoit à cette découverte ; & le zèle qu'il voulut bien y mettre, lui attira l'hommage & la reconnoiſſance des ſavans & des gens de lettres.

Meſſieurs les Intendans des Menus ſe prêtèrent de leur côté à ce qui pouvoit dépendre d'eux, pour que M. de Montgolfier fût ſervi ſelon ſes deſirs.

M. d'Ormeſſon, contrôleur-général des finances, eut ce jour-là chez lui M. de Montgolfier & la plupart des membres de l'Académie des Sciences.

Enfin, M. le marquis de Cubières, écuyer du Roi, qui cultive d'une manière ſi diſtinguée les ſciences & les beaux-arts, & qui a formé à Verſailles un cabinet d'hiſtoire naturelle & de phyſique ſi intéreſſant, ne reſta pas en arrière pour prouver qu'il ſavoit apprécier une découverte de cet ordre.

& même les combles, étoient garnis de ſpectateurs. Tout ce qu'il y a de plus grand, de plus illuſtre & de plus ſavant dans la nation, ſembloit s'être réuni comme de concert pour rendre un hommage ſolemnel aux ſciences, ſous les yeux d'une Cour auguſte qui les protége & les encourage.

Ce fut dans ce moment & au milieu de ce concours immenſe de citoyens de tout état, que leurs Majeſtés & la Famille Royale daignèrent ſe tranſporter dans l'enceinte, & voulurent bien pénétrer juſques ſous la Machine même pour en examiner les détails & ſe faire rendre un compte exact de tous les préparatifs de cette belle expérience.

A une heure moins quatre minutes, le bruit d'une boîte annonce qu'on va remplir la Machine; on la voit preſque auſſitôt s'élever, ſe gonfler & déployer avec rapidité les plis & replis dont elle eſt compoſée; elle ſe développe en entier, ſa forme plaît à l'œil, ſa capacité impoſante étonne : elle atteint déjà juſqu'au plus haut des mâts. Une autre boîte avertit qu'elle eſt prête à partir, & à la troiſième décharge les cordes ſont coupées, & la Machine s'élève pompeuſement dans l'air, entraînant avec elle l'attirail dans lequel étoient renfermés un mouton & des volatiles

La Machine s'éleva d'abord à une grande hauteur, en décrivant une ligne inclinée à l'horizon que le vent de ſud la força de prendre; elle parut reſter enſuite quelques ſecondes en ſtation, & produiſit alors le plus bel effet. Enfin elle deſcendit lentement dans le bois de Vaucreſſon, à 1700 toiſes du point d'où elle avoit été enlevée.

L'on ne reſta que onze minutes pour la remplir, & elle ſe ſoutint huit minutes en l'air.

Dans l'expérience d'Annonay, la Machine dont MM. de Montgolfier firent uſage, s'éleva à une plus grande hauteur, puiſqu'elle parvint au moins à mille toiſes; cependant elle n'étoit pas à beaucoup près d'une conſtruction auſſi régulière : il y eut donc une cauſe qui s'oppoſa à l'aſcenſion de celle-ci. Elle offrit à la vérité un ſuperbe ſpectacle, mais elle ne parvint qu'à 240 toiſes de hauteur.

Cette cauſe qui ne fut connue que de quelques perſonnes placées très-près de la Machine, ne fut pas ignorée de ceux qui la manœuvroient. Le coup de vent qui frappa ſur le Ballon, dans le moment où il préſentoit à l'air une ſi vaſte ſurface, obligea tous ceux qui étoient chargés d'en faire le ſervice, de le retenir avec effort; cette force jointe à

celle du vent & à la tendance qu'avoit la Machine à s'enlever, occasionnèrent deux déchirures de sept pieds d'ouverture sur son sommet & dans la partie où les toiles avoient été cousues dans un mauvais sens. Il n'étoit plus tems de parer à cet accident, dans une expérience qui ne pouvoit souffrir aucun retard : l'on eut attention de développer seulement alors une plus grande masse de vapeur, & la Machine n'en partit pas moins avec rapidité, sans être dérangée en rien par le poids qu'elle entraînoit.

Les deux ouvertures supérieures occasionnant l'évaporation du gaz, la force d'ascension dut nécessairement s'affoiblir par le mélange de l'air atmosphérique ; il en résulta pendant quelques momens un équilibre parfait, & la Machine qui ne montoit ni ne descendoit alors, fut très-belle à voir, & fit, dans cet état de station, le plus grand plaisir aux spectateurs ; mais à mesure que la vapeur se dissipoit, le Ballon descendoit lentement du côté du bois de *Vaucresson*, & d'une manière si tranquille, que l'on comprit alors que, si elle eût porté des hommes, ils n'auroient couru aucun danger.

Je me rendis presque aussitôt sur les lieux, avec M. l'abbé d'Espagnac, M. le chevalier de Lorimier, M. Brongniart, &c. M. Pilatre

de Rofier nous précédoit de quelques pas. Nous vîmes le Ballon fur la partie du bois de *Vaucreffon* nommée le *Carrefour-maréchal*, où il étoit développé fur la pelouze; un feul de fes côtés portoit fur un petit chêne dont il faifoit à peine ployer les branches.

Deux Gardes-chaffe, qui fe trouvèrent à dix pas du lieu où il étoit tombé, nous affurèrent qu'il étoit defcendu avec une lenteur furprenante, en fe repliant doucement fur lui-même, & nous dirent, qu'un inftant avant que le Ballon eût touché terre, il paffa au-deffus d'une grande meule de bois, qu'ils nous firent voir; & que comme la corde qui tenoit la cage fufpendue étoit très-longue, elle toucha contre les bois & fe rompit, fans que la cage, le mouton & les autres animaux en éprouvaffent le moindre dérangement. Il faut donc abfolument rejetter le récit qui annonça que le coq s'étoit rompu la tête; nous le trouvâmes en bon état, & s'il avoit le deffus de l'aîle droite écorché, cet accident n'étoit dû qu'à un coup de pied du mouton, & étoit arrivé en préfence de plus de dix témoins, au moins demi-heure avant l'expérience.

Il eft fâcheux de voir les papiers publics annoncer ainfi des faits fans preuve, & qui

dans des cas pareils devroient être toujours garantis par la ſignature de ceux qui les envoient. L'on a auſſi aſſuré dans pluſieurs gazettes & journaux, que la Machine de M. de Montgolfier avoit été remplie avec de l'air inflammable, tandis que les procédés qu'on a employés, ont conſiſté ſimplement à faire uſage de paille ſéche allumée, & de quelques livres de laine hachée. Je parlerai plus particulièrement de cette vapeur.

Tout ce qui a été dit juſqu'à préſent ſur le point de ſon élévation, & ſur l'eſpace qu'elle a parcouru, n'eſt pas plus exact. La vraie diſtance ſelon la carte de l'Académie, du point du départ au bois de *Vaucreſſon, carrefour-maréchal*, eſt de 1700 toiſes. Quant à la hauteur, deux habiles Aſtronomes s'en ſont occupés, en ſe plaçant à l'Obſervatoire de Paris. M. le Gentil a fixé cette hauteur à 280 toiſes au-deſſus du ſecond étage de l'Obſervatoire royal; & M. Jeaurat, à 293 au-deſſus du rez-de-chauſſée du même Obſervatoire (1).

---

(1) Voici la lettre que M. le Gentil adreſſe à ce ſujet aux Auteurs du Journal de Paris.

A l'Obſervatoire, ce ſamedi matin 20 *Septembre* 1783.

« MONSIEUR, je ſuis reſté hier à l'Obſervatoire » royal, d'où j'ai obſervé le Ballon fort à mon aiſe, à

La Planche III, deſſinée d'après nature, avec autant d'eſprit que de vérité, par M. le chevalier de Lorimier, chevau-léger, &

» mon quart de cercle de 3 pieds de rayon, le même » dont je me ſers pour toutes mes obſervations aſtrono» miques. Je l'avois mis dans la tour occidentale au » ſecond étage; je plaçai la lunette de cet inſtrument » dans un azimut de 87 degrés, au ſud du clocher du » *Mont-Valérien*. J'ai apperçu le Ballon s'élevant au» deſſus de l'horizon, d'abord à la vue, enſuite dans la » lunette, & conſéquemment au point de l'horizon où » je l'attendois.

» Il s'eſt élevé aſſez vîte, car du moment où j'ai com» mencé à le voir, à celui où il m'a paru ceſſer de » monter, il ne s'eſt écoulé que 2' 20" à ma montre: » il eſt reſté un peu de tems, du moins à mon égard, ſans » monter ni deſcendre. Or, j'ai trouvé la hauteur de » ſon bord d'en haut de 1^d 55' 35".

» Lorſque le Ballon a diſparu ſous l'horizon par rap» port à moi, la lunette de mon quart de cercle répon» doit à un azimut qui faiſoit un angle de 25 degrés un » quart avec le clocher du *Mont-Valérien*, à l'oueſt de » ce clocher.

» D'après ces obſervations, je conclus que le Ballon » ne s'eſt pas élevé à plus de 280 toiſes au-deſſus du » ſecond étage de l'Obſervatoire royal; mais comme le » côté de Verſailles eſt élevé d'une quantité que je » ſuppoſe être d'environ 40 toiſes au-deſſus du ſecond » étage de l'Obſervatoire, car je ne vois point Verſailles, » mais la côte de ce côté me paroît élevée de 0^d 23" » au-deſſus de l'horizon, il s'enſuit que le Ballon n'a pas

gravée par M. de Launay, repréſente le moment où le Ballon plein d'air s'élève.

Sa hauteur exacte d'une extrémité à l'autre étoit de . . . . 57 pieds.
Son diamètre de 41
Il pouvoit contenir . . . . 37500 pieds cub.
L'air déplacé peſoit . . . . 3192 livres,

» monté plus haut que de 240 toiſes au-deſſus du terrein » ou de la côte de Verſailles.

» J'ai l'honneur d'être, &c. LE GENTIL, de l'Aca- » démie Royale des Sciences ».

» Le 19 Septembre, jour où l'expérience a été faite à » Verſailles, M. Jeaurat étoit placé ſur la plate-forme » de l'Obſervatoire, préciſément au-deſſus de M. le Gentil, » qui obſervoit en ſon particulier. Selon M. Jeaurat, le » Globe avoit une direction qui formoit avec la méri- » dienne, vers le couchant, un angle de $87^{d}\ 20'$. » L'angle au-deſſus de l'horizon étoit de $1^{d}\ 55'\ 55''$, » d'où la hauteur a été conclue de 293 toiſes au-deſſus » du rez-de-chauſſée de l'Obſervatoire; d'ailleurs le » diamètre apparent étoit d'environ 6', ce qui indique » que le Globe s'étoit approché de l'Obſervatoire. On » peut donc préſumer que la diſtance du Globe à l'Obſer- » vatoire étoit moindre que celle de Verſailles à l'Obſer- » vatoire, ſans compter qu'il conviendroit de tenir compte » de la différence des niveaux des deux différens lieux; » mais les rectifications qui ne peuvent ſe faire moyennant » une diſcuſſion, ſemblent ſuperflues pour une détermi- » nation de cette eſpèce, où il importe peu de mettre » une plus grande préciſion ».

Extrait de la Lettre de M. Jeaurat.

en ſuppoſant le poids de l'air de 784 grains le pied cube. Mais le gaz de M. de Montgolfier étant d'une peſanteur moindre de moitié que celle de l'air atmoſphérique, ſon poids étoit de 1596 livres ; l'équilibre étoit donc rompu de 1596 livres, ſur quoi il faut déduire le poids du Ballon, celui de la cage & du mouton, &c. 900 livres. Il reſtoit donc net une force de 696 livres qui auroit pu encore être enlevée. Cette belle Machine, en toile de fil & de coton, étoit peinte en dehors & en dedans à la détrempe ; l'on avoit mêlé dans la couleur de l'intérieur de la terre d'alun, comme très-propre à réſiſter à la plus forte chaleur.

Quatre-vingts livres de paille & cinq livres de laine hachée ſuffirent pour produire les 37500 pieds cubes de vapeur ; & ſans les deux déchirures de la partie ſupérieure, il n'eût fallu que cinquante livres de paille, ainſi qu'on l'avoit éprouvé la veille.

M. de Montgolfier, qui avoit eu l'honneur de préſenter au Roi, avant l'expérience, une note par laquelle il annonçoit que la Machine ſe ſoutiendroit environ 20 minutes en l'air, & qu'elle parcourroit un eſpace d'environ 2000 toiſes, s'étoit mis par-là à l'abri de toute critique. Un accident qu'il étoit impoſſible de prévoir, ſur-tout lorſqu'on voudra faire

attention qu'elle avoit été conſtruite dans quatre jours & quatre nuits, l'empêcha d'avoir ſon effet en entier; mais elle reſta cependant huit minutes en l'air, & parcourut un eſpace de 1700 toiſes. Les applaudiſſemens & l'accueil honorable que reçut à ce ſujet M. de Montgolfier, ſuffiſent pour démontrer que cette belle expérience cauſa autant d'étonnement que de ſatisfaction. Et ſi l'envie s'attache ordinairement à tout ce qui porte l'empreinte du génie, elle ne ſe manifeſta dans cette occaſion que dans deux ou trois individus obſcurs, qui furent corrigés par le ridicule qu'ils s'étoient ſi juſtement attiré.



LETTRE

LETTRE

A M. FAUJAS DE SAINT-FOND,

PAR M. MEUSNIER,

Officier au Corps-Royal du Génie.

VOUS m'avez demandé, Monſieur, le réſultat des obſervations comparées dont j'eus l'honneur de vous communiquer le projet & le diſpoſitif, le 26 du mois d'Août dernier, & qui devoient ſervir à connoître la loi que ſuivroit dans ſon aſcenſion la Machine aéroſtatique, préparée pour l'expérience qui fut faite le lendemain au Champ de Mars. Ces obſervations n'étoient point deſtinées à remplir uniquement un objet de curioſité, en apprenant juſqu'à quelle hauteur le Ballon ſeroit parvenu ; un but plus utile m'en avoit ſuggéré l'idée, que probablement je n'ai pas eue ſeul : & en enviſageant un mobile volumineux, tranſporté dans l'air à une hauteur conſidérable, & ſoumis dans ſa marche à l'action combinée de deux forces contraires, dont l'une varie continuellement comme la denſité des différentes couches de l'atmoſphère, tandis que l'autre dépend encore des loix de la

résistance de l'air, je conçus que cette expérience offroit un moyen aussi direct que nouveau d'éclaircir à-la-fois deux théories dont on connoît toute l'importance, & dont l'une, appuyée presqu'uniquement sur des considérations abstraites, n'a reçu jusqu'ici qu'un bien foible secours de la part des faits. Il falloit pour cela déterminer avec précision, & pour des instans connus, plusieurs lieux du Ballon dans la route qu'il a décrite, & tel étoit l'objet du plan d'observations que vous adoptâtes avec empressement. Trois Observateurs au moins, placés dans des postes différens, & munis chacun d'un quart de cercle & d'une pendule à secondes, devoient mesurer fréquemment la hauteur apparente du Ballon; un signal instantané, visible à-la-fois de tous les Observateurs, & donné quelques momens avant l'expérience, devoit servir à connoître, avec la plus grande rigueur, la marche respective des pendules, entre lesquelles une très-légère différence, si elle eût été inconnue, auroit produit des erreurs d'autant plus considérables, que le Globe s'est élevé avec plus de rapidité; &, pour préparer l'attention à ce signal fugitif & indispensable, le bruit du canon devoit précéder encore davantage l'instant où on abandonneroit la Machine à elle-

même : quelques minutes étoient néceſſaires pour ces préparations ſucceſſives. Avec ces précautions, ſi elles euſſent pu être réaliſées, l'on auroit eu pour chaque poſte une ſuite d'obſervations faites à des inſtans bien déterminés ; & les trois ſuites réunies, changées par des corrections très-faciles, en trois autres dont les termes correſpondans fuſſent ſimultanés, auroient donné autant de points de la route du Globe aſcendant, qu'on auroit eu d'obſervations dans chacune des ſuites corrigées. Si ſur-tout le tems eût permis de le ſuivre des yeux, juſqu'à ce que parvenu au point de ſa plus grande élévation, il parut enſuite emporté lentement, comme les nuages, ſuivant la direction du vent ; les obſervations multipliées en raiſon de la durée du ſpectacle, auroient fourni l'itinéraire complet du départ de cette ſingulière Machine, & la meſure des cauſes qui influoient ſur ſon mouvement.

Tel étoit, Monſieur, le but que je me propoſois, & pour lequel il auroit fallu faire de longue main les préparatifs néceſſaires : je trouvai cependant tant de complaiſance & d'activité dans M. d'Agelet, profeſſeur de mathématiques à l'Ecole Royale Militaire, & aſtronome diſtingué ; il mit une telle promptitude à réunir les inſtrumens & les Obſerva-

teurs néceſſaires, parmi leſquels deux Aſtronomes très-célèbres voulurent bien ſe ranger, que, prévenu à onze heures ſeulement le jour même de l'expérience, il n'en réuſſit pas moins à tout diſpoſer, & chacun étoit à ſon poſte bien avant l'heure marquée pour le départ du Ballon. M. le Gentil, de l'Académie Royale des Sciences, obſervoit de deſſus la plate-forme de l'Obſervatoire ; M. Jeaurat de la même Académie, ſe tranſporta ſur le comble du Garde-Meuble de la Place Louis XV, & M. Prevoſt, deſtiné d'abord pour Paſſy, fut déterminé par des circonſtances particulières à s'établir ſur une des tours de Notre-Dame. Enfin, M. d'Agelet, placé au dôme de l'Ecole Militaire, s'étoit chargé de faire les ſignaux néceſſaires, & devoit obſerver de ſon côté.

Mais le tems ayant manqué pour concerter à loiſir & par écrit, l'eſpèce & l'ordre des ſignaux qu'il feroit bon de multiplier en pareil cas ; les choſes néceſſaires à l'exécution de ceux dont M. d'Agelet étoit convenu verbalement avec ſes coopérateurs, n'ayant pu être diſpoſées qu'au moment, & d'une manière très-imparfaite ; la précipitation enfin, aſſez naturelle, & encore augmentée par l'impatience du Public, ayant beaucoup trop hâté le mo-

ment où la Machine fut abandonnée ; toutes ces causes réunies ont fait que la partie des signaux, d'où dépendoit principalement le fruit de ce travail, a été absolument manquée. Le pavillon dont l'apparition devoit précéder l'élévation du Globe, pour rapporter toutes les pendules à une même époque, ne fut montré qu'après le départ du Ballon, c'est-à-dire, dans un moment où l'attention des Observateurs se portoit nécessairement sur l'objet le plus intéressant; aussi, ce diminutif de pavillon, qu'un des assistans de M. d'Agelet, portoit dans sa poche l'instant d'avant, fut-il à peine remarqué par un seul, & trop tard pour qu'il en dût rien conclure : le bruit du canon parvint aussi trop tard à quelques-uns des points d'observations, puisque M. Prevost ne l'entendit qu'au moment de la disparition du Globe ; & les nuages dérobèrent d'ailleurs si promptement celui-ci à la vue, qu'on n'auroit pu avoir qu'une bien petite portion de sa course.

Tout s'est donc opposé aux résultats intéressans qu'on auroit pu tirer de l'expérience du 27 Août dernier, & il est bien à desirer qu'elle serve, à tous égards, d'instruction pour une pareille épreuve, si l'on peut espérer de la voir encore répéter ; mais comme, pour remplir l'objet que je viens de vous rappeler en détail,

il faudroit encore le ſacrifice d'une Machine aéroſtatique, & que des vues plus étendues aujourd'hui tourneront probablement d'un autre côté toutes les recherches expérimentales que l'on fera dans le même genre, j'ai tâché du moins de conclure, des obſervations du 27 Août, le peu qu'elles peuvent nous apprendre; & je crois avoir réuſſi, à l'aide de pluſieurs conſidérations, à en tirer une des poſitions du Ballon, d'une manière aſſez préciſe pour avoir lieu de faire au moins une comparaiſon de ce réſultat, avec celui que donne la théorie pure. C'eſt ſur quoi je vais entrer dans le détail néceſſaire.

Cherchant toujours, au défaut des ſignaux, à lier les différentes obſervations par quelque remarque qui pût établir entr'elles une correſpondance de tems, je m'étois figuré d'abord que l'occultation du Globe dans l'épaiſſeur du nuage pourroit être, à cet égard, de quelque utilité : mais je me ſuis bientôt rappelé que cette diſparition ayant eu lieu graduellement, ne pouvoit avoir été, pour les différens Obſervateurs, un phénomène ſimultané, & que la configuration inconnue du nuage, d'où tomboit encore une pluie abondante, devoit naturellement avoir dérobé le Ballon à leur vue, plus ou moins promptement, ſuivant leur

éloignement & leur poſition. Cette réflexion m'a contraint d'abandonner les obſervations faites aux tours de Notre-Dame & à l'Obſervatoire, ſur leſquelles je n'avois d'autre renſeignement, que cette occultation dans les nuages. Je dirai ſeulement que l'angle de hauteur obſervé par M. le Gentil, quand il a perdu le Globe de vue, étoit de quatorze degrés trois minutes, & qu'alors il lui paroiſſoit, à-peu-près, dans le vertical du dôme des Invalides, peut-être même un peu à l'oueſt. M. Prevoſt a obſervé en même-tems quinze degrés.

Mais M. Jeaurat ayant été à portée d'entendre diſtinctement le canon, & ayant heureuſement pris note de cet inſtant, il ne faut que calculer le tems employé par le ſon à parcourir la diſtance de l'Ecole Militaire au Garde-Meuble, pour avoir, entre ſes obſervations & celles de M. d'Agelet, la correſpondance néceſſaire. Voilà donc enfin un moyen de comparer deux obſervations, & quoique la troiſième nous manque, vous verrez que le ſoin qu'a pris M. d'Agelet, de tenir quelquefois compte des poſitions que prenoit le plan vertical du Ballon, en obſervant ſon mouvement azimutal, peut ſuppléer à ce défaut, & vous rendrez ſûrement hommage à la promp-

titude extrême avec laquelle cet Aſtronome a ſu accumuler les obſervations dans un ſi court eſpace de tems, malgré la rapidité du mobile qu'il avoit à ſuivre, & que le voiſinage rendoit encore plus ſenſible. Je vais tranſcrire ici les deux journaux d'obſervations, tels que M. d'Agelet a eu la bonté de me les envoyer.

Observations faites par M. D'AGELET, au dôme de l'Ecole Militaire.

Tems marqué par le Compteur.		*Angles de hauteur du Ballon.*	*Angles de déclinaison du Ballon vers le N. E. à compter depuis son départ.*
5h 1m	1er coup de canon.		
5h 1m 5s	2e coup de canon.		
5h 2m	Le Ballon est déjà à la hauteur du dôme.	o o	6 à 7d
5h 2m 52s	....	53d 40'	20d
5h 4m	....	59d 40'	30d
5h 4m 53s	Grande pluie.	53d 37'	
	10 secondes environ après cette observation, le Ballon disparoît tout-à-fait dans les nuages.		
5h 7m	Le Ballon reparoît un instant.	33d	67d 15'

Observations faites par M. JEAURAT, de l'Académie Royale des Sciences, sur le comble du Garde-Meuble de la place Louis XV.

Tems marqué par le Compteur.		*Hauteur apparente du Ballon.*
5h 0m 20f	On entend le premier coup de canon.	
5h 2m 0f	On voit le Ballon venant rapidement & déclinant vers la droite.	
5h 4m 20f	Le Ballon disparoît.	28d 40′
	La pluie empêche totalement d'observer.	

Le vent qui souffloit alors étoit dans la partie du sud-ouest, & portoit le son à très-peu-près directement sur le Garde-Meuble: c'est le tems de ce trajet qu'il s'agit ici d'évaluer.

Dans un air calme, & suivant des expériences faites autrefois avec le plus grand soin par l'Académie Royale des Sciences, le son parcourt à-peu-près cent soixante-treize toises par seconde, & se répand, en tout sens, avec la même vîtesse, autour du point où il est excité; mais si la masse totale de l'air environnant est emportée par un vent quelconque, c'est une vîtesse nouvelle à ajouter à la première, pour tous les lieux qui sont sous le vent: il faut la soustraire au contraire pour tous les points auxquels le son n'arriveroit qu'en remontant contre l'origine du vent, & pour les directions moyennes, la vîtesse réelle du son résulte de celle qui lui seroit propre dans un air calme, & de celle du vent, combinées ensemble, suivant les loix ordinaires de la composition des forces. Mais en jugeant de la vîtesse du vent qui souffloit le 27 Août, par l'espace de huit mille six cent cinquante toises environ, qu'il fit parcourir au Ballon, pendant les quarante-cinq minutes que ce mobile fut en l'air, avant de tomber à Ecouen

près Goneſſe, on trouve qu'elle étoit, à-peu-près, de dix-neuf pieds, ou de trois toiſes par ſeconde. C'eſt donc environ 176 toiſes de vîteſſe, par ſeconde, qu'il faut attribuer au ſon dans la direction de ce vent, & quand même la vîteſſe de celui-ci auroit été mal calculée, on voit que l'erreur qui en réſulteroit ſur celle du ſon, ſeroit à-peu-près inſenſible. Diviſant donc les 1095 toiſes de diſtance, qui ſe trouvent entre l'Ecole Militaire & le Garde-Meuble, par 176, on trouve que le bruit du canon a dû parvenir à ce dernier poſte en 6″ 13‴ ou ſix ſecondes un quart à-peu-près.

Cela poſé, quand le premier coup de canon a été tiré à l'Ecole Militaire, le compteur de M. d'Agelet marquoit $5^h\ 1'$. Il marquoit donc $5^h\ 1'\ 6''\frac{1}{4}$, quand le bruit a été entendu au Garde-Meuble; & comme alors la pendule de M. Jeaurat ne marquoit, ſuivant ſes obſervations, que $5^h\ 0'\ 20''$, il s'enſuit qu'elle retardoit ſur le compteur de M. d'Agelet de $46''\frac{1}{4}$ à-peu-près. Ajoutant donc cette différence à toutes les époques données par M. Jeaurat, on aura les deux ſuites d'obſervations ramenées à un même tems. Tel eſt l'uſage de ce coup de canon noté par les deux Obſervateurs, & ſans lequel

il étoit certainement impoſſible de deviner la différence qui ſe trouvoit entre leurs pendules, quelqu'eſſentielle qu'elle fût à connoître. Vous concevez qu'un ſignal viſible auroit été encore plus ſûr, & que, la lumière ſe mouvant inſtantanément, il n'y auroit eu aucune réduction à faire. Mais voilà toujours les obſervations raccordées, & j'ai en conſéquence réuni les deux journaux en un ſeul tableau, dont les tems ſont pris ſur le compteur de M. d'Agelet. J'y ai ſuppoſé l'angle du Ballon, nul à la fois pour les deux points d'obſervation, parce qu'ils ſont en effet, à très-peu-près, dans le même niveau, ſuivant l'obſervation que fit encore M. d'Agelet pour s'en aſſurer.

TABLEAU comparatif des observations faites à l'Ecole Militaire & au Garde-Meuble.

Observations faites à l'Ecole Militaire.	*Angles de hauteur apparente.*	*Angles de déclinaison vers le N. E.*	*Colonne des tems de chaque observation, commune aux deux suites à la fois.*	*Observations faites au Garde-Meuble.*	*Angles de hauteur apparente.*
1er coup de canon.	......	....	$5^h\ 1^m\ 0^s$		
			$5^h\ 1^m\ 6^s\frac{1}{4}$	On entend le 1er coup de canon.	
Le Ballon est à la hauteur du dôme.	$0^d\ 0'$	6 à 7^d	$5^h\ 2^m\ 0^s$	....	$0^d\ 0'$
			$5^h\ 2^m\ 46^s\frac{1}{4}$	On voyoit le Ballon venant rapidement & déclinant vers la droite.	
	$53^d\ 40'$	20^d	$5^h\ 2^m\ 52^s$		
	$59^d\ 40'$	30^d	$5^h\ 4^m\ 0^s$		
Grande pluie.	$53^d\ 37'$	....	$5^h\ 4^m\ 53^s$		
Le Ballon disparoît dans les nuages, environ 10'' après cette observation, ou à,	......	....	$5^h\ 5^m\ 3^s$		
			$5^h\ 5^m\ 6^s\frac{1}{4}$	Le Ballon disparoît	$28^d\ 40'$
				La pluie empêche totalement d'observer.	
Le Ballon reparoît	$33^d\ 0'$	$67^d\ 15'$	$5^h\ 7^m\ 0^s$		

Ce tableau préſente maintenant un accord très-ſatisfaiſant entre la ſucceſſion des événemens tels qu'ils ont dû paroître à ces deux points, éloignés l'un de l'autre d'une diſtance aſſez conſidérable : il en réſulte que la pluie épaiſſe s'eſt fait ſentir à l'Ecole Militaire treize ou quatorze ſecondes plutôt qu'au Garde-Meuble ; & en effet, les nuages venans du ſud-oueſt, il devoit y avoir, à cet égard, une différence, quoiqu'elle ſoit bien éloignée de dépendre uniquement de la vîteſſe du vent : celle avec laquelle ſe propage la cauſe quelconque qui précipite les vapeurs ſuſpendues dans l'atmoſphère, eſt bien plutôt le véritable élément de cette ſucceſſion, & il y auroit, à ce ſujet, des conſidérations à développer, très-intéreſſantes peut-être pour l'objet des obſervations météorologiques ; mais je n'oublie point que cette lettre en a un tout différent, & je me borne à vous faire remarquer les circonſtances qui peuvent ſervir à éprouver le degré de confiance que mérite le tableau que je viens de vous mettre ſous les yeux. L'intervalle de trois ſecondes, à-peu-près, dont on y voit que la diſparition du Globe pour l'Ecole Militaire, a précédé ſon occultation par rapport au Garde-Meuble, tient encore aux mêmes cauſes ; & il eſt tout ſimple

que la pluie qui tomboit alors, ait contribué pour quelque chofe, à le dérober aux yeux des fpectateurs. Le tableau comparatif que je viens d'établir, porte donc toutes les marques de vérité propres à le faire regarder comme un hiftorique exact de ce qui s'eft paffé dans la courte durée de l'expérience du 27 Août : paffons à l'ufage qu'on en peut faire.

L'objet de cette comparaifon des obfervations, faites en deux lieux différens, étoit d'en trouver au moins deux qui fuffent faites en même-tems, & qui appartinffent par conféquent à une pofition unique du Ballon; mais le tableau dont il s'agit ne préfente point ainfi d'obfervations fimultanées : parmi les époques de M. d'Agelet, celle qui fe trouve la plus voifine du feul inftant où M. Jeaurat ait pris la hauteur du Ballon, le précède encore de 13 fecondes $\frac{1}{4}$, & l'efpace que le mobile a dû parcourir pendant cet intervalle, eft bien plus confidérable qu'il ne faut pour occafionner une erreur groffière, fi l'on entreprenoit de combiner enfemble ces deux obfervations. Vous voyez, Monfieur, que fi le tems & les circonftances euffent permis de les multiplier de part & d'autre, cet embarras fe trouveroit prodigieufement diminué : moins d'intervalle entre les obfervations, auroit laiffé la liberté

de

de faire ſur les tems des changemens ſans conſéquence, ou plutôt chaque ſuite étant aſſez nombreuſe pour préſenter entre ſes termes une loi quelconque, on auroit pu ſans erreur ſenſible, calculer bien ſimplement ceux qu'on auroit eu à intercaler. Mais il faut faire uſage de ce tableau tel qu'il eſt, & ſuppléer à ſon inſuffiſance, en tâchant de trouver un angle de hauteur, qui, inſéré dans une des deux ſuites, puiſſe être regardé comme appartenant au même inſtant que quelqu'une des obſervations de l'autre.

Or, je remarque d'abord, par la loi que ſuivent entr'eux les angles de hauteur obſervés par M. d'Agelet, qui, après avoir été en croiſſant, avoient déjà commencé à diminuer lors de ſon avant-dernière obſervation, qu'alors le Ballon venoit de paſſer par le point de ſa courbe où ſon changement de place influoit le moins ſur la hauteur apparente obſervée du dôme de l'Ecole Militaire : de ſorte que de très-petites différences ſur ces angles de hauteur en auroient alors occaſionné de fort grandes ſur le lieu réel du mobile. Ce ſeroit donc une opération très-ſujette à erreur, que d'intercaler un terme de plus dans la ſuite des obſervations de M. d'Agelet, quand même on ſeroit certain de le calculer d'une manière

fort approchée ; & il eſt beaucoup plus ſûr de faire cette correction au journal du Garde-Meuble, dont la poſition vers l'intérieur de la concavité de la courbe décrite par le Globe, en rend les erreurs infiniment moins importantes. J'ai donc cherché quel auroit dû être à-peu-près l'angle de hauteur trouvé par M. Jeaurat, s'il eût obſervé le Ballon en même-tems que M. d'Agelet, ou 13 ſecondes $\frac{1}{4}$ plutôt qu'il ne l'a fait.

Si la hauteur réelle du Globe, quand il eſt diſparu pour M. Jeaurat, nous étoit connue ainſi que la loi de ſon mouvement, le calcul de l'angle ſous lequel il auroit dû lui paroître 13″ plutôt, ſeroit auſſi aiſé à faire en rigueur, qu'il ſeroit inutile ; mais il s'agit ici de faire des ſuppoſitions, & tout l'art conſiſte à les prendre de manière que quelqu'erreur qu'elles puiſſent contenir, elles en produiſent une exceſſivement moindre, ou même n'en produiſent pas du tout ſur le réſultat qu'on cherche : c'eſt une application de cette méthode, qui a fourni à l'arithmétique la règle des fauſſes poſitions : c'eſt elle encore qui donne à l'analyſe le plus grand nombre de ces approximations, par ſuites infinies, ſans leſquelles on ſeroit forcé d'abandonner bien des queſtions.

J'aurois donc pu ſuppoſer tout ſimplement

les angles de hauteur proportionnels aux tems écoulés, & déduire en conséquence sur l'angle de 28^{d} 40′, observé par M. Jeaurat, une quantité proportionnelle aux 13 secondes un quart, dont il faut avancer son observation. Mais pour être plus exact, j'ai employé les hypothèses suivantes.

1°. Que l'accélération du mouvement ne tarde pas à être détruite par la résistance de l'air, de sorte qu'au bout d'un tems très-court, la vîtesse cesse d'augmenter sensiblement, jusqu'à ce qu'au contraire elle vienne à diminuer effectivement. Alors le mouvement devient presqu'uniforme, & l'on peut supposer les hauteurs du Ballon, à-peu-près proportionnelles aux tems, du moins pour une partie assez considérable de sa course, & pour des instans peu différens.

2°. Que les espaces parcourus horizontalement dans la direction du vent, le sont aussi avec une vîtesse sensiblement uniforme, au moins après les premiers instans.

3°. Que la hauteur du Ballon, lorsque M. Jeaurat l'a perdu de vue, étoit entre 450 & 500 toises, comme s'accordent à l'indiquer la plupart des approximations qu'on a publiées.

Du reste, la vérité rigoureuse de toutes ces suppositions, est si peu importante pour le

résultat cherché, qu'en calculant successivement d'après les deux hauteurs de 450 & de 500 toises, qui diffèrent pourtant beaucoup entre elles, la valeur de l'angle qu'il faut avoir, ne varie que de 13 minutes, & qu'en adoptant la première & la plus simple de nos hypothèses, quoique probablement la plus fautive, elle n'ajoute pas 1′ à cette incertitude; de sorte que l'angle sous lequel M. Jeaurat auroit dû voir le Ballon, en observant 13 secondes $\frac{1}{4}$ plutôt, est nécessairement entre 26^{d} 24′ & 26^{d} 38′. Or, je remarque que cette différence d'un quart de degré, n'en produiroit pas une de 4 toises sur la hauteur réelle du Ballon, & je me détermine en conséquence pour la valeur, à-peu-près moyenne de 26^{d} 30′, pour laquelle il est, par conséquent, très-probable qu'il n'y a pas 2 toises d'erreur à craindre (1).

---

(1) Voici le calcul de ces différentes déterminations: On trouve que le tems écoulé depuis 5^{h} 2′ que le Globe étoit au niveau des deux lieux d'observation, jusqu'à 5^{h} 5′ 6″ $\frac{1}{4}$, moment de l'observation de M. Jeaurat, est de 186″ $\frac{1}{4}$; tandis qu'on veut avoir la hauteur apparente pour un moment antérieur à celui-ci de 13″ $\frac{1}{4}$, ou au bout d'un tems de 173″ seulement. Ainsi, d'après la première supposition, que les tems soient comme les hauteurs, on aura la proportion: 186″ $\frac{1}{4}$: 173″ :: l'angle observé ou 28^{d} 40′ : l'angle cherché. Cet angle se trouve par conséquent de 26^{d} 37′ $\frac{1}{2}$

Il paroît donc qu'on peut maintenant raiſonner comme s'il exiſtoit dans le tableau deux obſervations ſimultanées, ainſi qu'il ſuit.

à 5^h $4'$ $53''$	*M. d'Agelet a obſervé,* 53^d $37'$	*M. Jeaurat a obſervé,* 26^d $30'$

Cela poſé, ſi l'on connoiſſoit en même-tems la diſtance à laquelle le Ballon ſe trouvoit de l'un des deux points, il n'y auroit qu'un trian-

---

à-peu-près. Tel eſt le réſultat de la première détermination.

Quant à la ſeconde, pour laquelle on a ſuppoſé le Ballon élevé de 500 toiſes, quand il paroiſſoit à M. Jeaurat, ſous un angle de 28^d $40'$, on trouve, en réſolvant le triangle rectangle, qu'il auroit dû alors être éloigné horizontalement du Garde-Meuble de 914 toiſes, & avoir, conſéquemment, parcouru, pour s'en rapprocher, un eſpace de 181 toiſes, puiſqu'il en étoit originairement éloigné de 1095. Faiſant donc les deux proportions des tems avec les eſpaces parcourus tant horizontalement qu'aſcenſionnellement, il en réſulte que $13''\frac{1}{4}$ plutôt, il n'auroit eu que 464 toiſes d'élévation, & auroit encore été diſtant du Garde-Meuble de 926 toiſes. Ces deux données ſuffiſent pour calculer dans ce cas la hauteur apparente, qui auroit été de 26^d $37'$ à-peu-près.

Faiſant enfin le même calcul, pour une hauteur ſuppoſée de 450 toiſes, la valeur qu'on obtient pour l'angle cherché, eſt de 26^d $24'$.

Voilà donc trois valeurs, dont les limites ne diffèrent

gle à résoudre pour en conclure l'élévation, & c'est en appréciant cette distance à l'estime qu'ont été calculées les hauteurs dont on a déjà fait part au Public : méthode pour laquelle il n'est pas besoin d'avoir plusieurs points d'observation. Mais il est maintenant possible d'avoir un moyen plus précis, & de déduire des deux hauteurs apparentes que nous avons, quel étoit, à très-peu de chose près, le point du terrein auquel répondoit le Globe, &, par conséquent, sa distance à chacun des deux points d'observation.

Je considère pour cela une perpendiculaire à l'horizon abaissée du Ballon : le point auquel elle rencontre le plan horizontal, est celui que nous avons à chercher. Or, cette verticale est évidemment la hauteur commune de deux triangles rectangles, dont les bases sont les distances du pied de cette verticale, à chacun des deux points d'observation, & qui ont pour angle à la base, la hauteur apparente observée du point auquel chaque triangle appartient. Il résulte de-là, que les distances du pied de cette perpendiculaire,

pas de 15'. Mais pour une distance de 926 toises, qui répond à la supposition la plus forcée, 15 minutes ne valent que 4,041 toises; il n'y a donc pas 2 toises d'erreur à craindre, en prenant une valeur moyenne.

à chacun des deux lieux d'obſervation, ſont dans un rapport connu ; ſavoir, comme les tangentes des complémens des angles de hauteur obſervés : rapport, qui, pour la valeur de nos angles, ſe trouve être celui des nombres 7368 & 20057. Nous ſavons donc maintenant qu'à l'inſtant des deux obſervations dont il s'agit, la diſtance horizontale du Globe par rapport à l'Ecole Militaire, étoit à ſa diſtance par rapport au Garde-Meuble, comme 7368 eſt à 20057. Je vous prie de commencer à jetter les yeux ſur la carte jointe à cette lettre.

Mais cette condition ne ſuffit pas pour déterminer la projection que nous cherchons : un grand nombre de points peuvent avoir la même propriété, & en réſolvant le problême très-ſimple auquel cette queſtion donne lieu, on trouve que tous ceux qui appartiennent à un cercle *MPN*, dont le centre *C* ſoit à 171 toiſes du dôme de l'Ecole Militaire, dans la direction prolongée du Garde-Meuble, & dont le rayon ſoit de 465 toiſes, ſatisfont à cette condition, que leurs diſtances à l'Ecole Militaire & au Garde-Meuble ſoient dans le rapport aſſigné (1). Notre problême eſt donc encore indéterminé.

---

(1) Soient *A* & *B* (fig. 2) les deux points donnés ; *QMY* la courbe telle que les diſtances *MA*, *MB*

Voilà le moment, Monſieur, où vous voyez avec évidence la néceſſité d'une troiſième obſervation. Car, en la combinant avec quelqu'une des deux que nous avons, il én feroit réſulté de même un autre cercle ſur lequel le point cherché auroit dû encore ſe trouver, &

ſoient dans un rapport conſtant ou comme des nombres connus que nous déſignerons par m & n. Adoptons les dénominations ſuivantes : $AB=a$; $AP=z$; $PM=y$; on aura $\overline{AM}^2 : \overline{BM}^2 :: m^2 : n^2$; & par conſéquent $z^2+y^2 : (a-z)^2+y^2 :: m^2 : n^2$; d'où l'on tire l'équation $(n^2-m^2)\,y^2+(n^2-m^2)\,z^2+2\,am^2z-a^2m^2=0$, laquelle appartient évidemment au cercle, puiſque les coefficiens des quarrés des coordonnées ſont égaux.

Mais ſoit C un point quelconque, tel que $AC=b$ & où l'on tranſporte l'origine des abſciſſes, de ſorte que CP ſoit nommé x, on aura évidemment $AP=CP-AC$ ou $z=x-b$. Mettant pour z cette valeur dans l'équation ci-deſſus, & déterminant b de maniere que le coefficient de x s'évanouiſſe, on aura $b=\frac{am^2}{n^2-m^2}$. & l'équation deviendra $x^2+y^2=\left(\frac{amn}{a^2-m^2}\right)^2$ équation d'un cercle dont le rayon eſt $\frac{amn}{n^2-m^2}$; prenant AC & CF tels que ce calcul les donne, & ſubſtituant pour a, n, m, les nombres 1095, 7368, & 20057, on ſera en état de décrire le cercle qui convient aux deux obſervations qu'on examine.

par conſéquent l'interſection des deux cercles auroit donné ce point à la rigueur. Calculant alors la hauteur réelle du mobile, par le moyen de ſa diſtance à quelqu'un des trois lieux d'obſervation, on auroit eu bien ſimplement ſa poſition abſolue. Telle étoit la méthode que j'avois à expoſer, pour trouver avec facilité la ſituation d'un point dans l'eſpace, par le moyen de trois obſervations ſimultanées.

Mais nous n'en avons que deux, & il s'agit d'employer quelqu'autre moyen pour trouver à-peu-près, le point du cercle auquel le Ballon répondoit. Or, c'eſt à quoi pluſieurs conſidérations pourront nous conduire.

J'obſerve d'abord que ſi la direction du vent qui ſouffloit alors, étoit connue avec préciſion, il n'y auroit qu'à mener par le point *B*, d'où eſt parti le Ballon, & qui eſt diſtant du dôme de l'Ecole Militaire, de 129 toiſes, une ligne *BV* ſuivant la direction du vent : elle couperoit évidemment le cercle au point cherché. Mais quoiqu'on ſache que le vent venoit alors du ſud-oueſt, cette ſorte d'indication, fondée ſur un ſimple apperçu, eſt bien éloignée du degré de préciſion néceſſaire pour l'objet qui nous occupe ici ; & outre qu'elle ne ſauroit donner de la direction du

vent, qu'une idée approchante à 10 ou 12 degrés près, elle ne peut d'ailleurs rendre compte des variations brusques & instantanées qui y surviennent si fréquemment, quand l'état de l'air n'est pas fixe; on ne peut donc tirer que des renseignemens très-vagues de cette espèce de donnée.

Nous aurions encore une manière bien simple de déterminer le point que nous cherchons, si le soin qu'a pris M. d'Agelet, de mesurer assez souvent les angles de déclinaison vers le nord-est, avoit pu nous fournir une observation de ce genre, pour le moment dont il s'agit ici; car, en menant une ligne *EQ*, faisant avec la ligne du milieu du champ de Mars un angle égal à celui qui auroit été observé, cette ligne eût évidemment coupé le cercle au point qu'on desire de déterminer. Mais malheureusement cet angle manque dans le tableau, vis-à-vis de l'observation qui nous occupe, & les autres en sont trop éloignées pour qu'on puisse penser à intercaler celui-ci.

J'observe pourtant que, malgré cette disette apparente de toutes espèces de moyens, il est possible de faire un grand usage des angles de déclinaison, observés dans d'autres instans: ils peuvent en effet servir à donner une idée assez juste de la marche du Ballon dans le sens hori-

zontal; & le dernier ſur-tout, obſervé plus de 5′ après ſon départ, & lorſqu'il avoit déjà acquis une hauteur aſſez conſidérable, ſera d'autant plus utile à cet objet, qu'il eſt infiniment à préſumer que le mobile, ſorti alors de la région inférieure, où les reflets & les cauſes locales influent le plus ſur les mouvemens de l'air, devoit avoir acquis depuis long-tems une marche régulière : d'ailleurs, la grande diſtance où il devoit être alors, par rapport au point de départ, en rendroit les écarts d'autant moins ſenſibles pour l'objet que nous avons à remplir. Ce ſera donc en déterminant quelle pouvoit être à-peu-près la poſition du Globe, à l'inſtant de cette dernière obſervation, que nous allons juger de la vraie direction du vent; & faiſant la même opération pour les deux autres époques auxquelles M. d'Agelet a encore meſuré la déclinaiſon, nous obtiendrons un enſemble de réſultats, dont la comparaiſon pourra ſervir beaucoup à nous mettre en état de tracer ſur la carte la projection horizontale de la route réelle du Ballon.

Je mène donc d'abord la ligne *E T*, faiſant avec la ligne de milieu du champ de Mars, un angle *B E T*, égal aux 67 degrés $\frac{1}{4}$ de déclinaiſon que trouva M. d'Agelet, quand il

revit le Globe pour la dernière fois, sous une hauteur apparente de 33 degrés seulement. Je suis sûr, par conséquent, que le mobile répondoit alors verticalement à quelqu'un des points de cette ligne. Je sais de plus, par la comparaison des tems, que son élévation étant entre 450 & 500 toises, comme je l'ai déjà rappelé ci-devant, lorsqu'il disparut pour M. Jeaurat, à $5^h\ 5'\ 6''\ \frac{1}{4}$, devoit être entre 700 & 800 toises à $5^h\ 7'\ 0''$, instant dont il s'agit actuellement : & c'est pour éviter soigneusement toute supposition hazardée, que j'adopte ici une latitude aussi grande. Calculant donc le triangle à résoudre, pour conclure de la hauteur du Ballon, quelle étoit alors sa distance à l'Ecole Militaire, je la trouve entre 1077 & 1231 toises, &, prenant un point *T*, moyen entre ces deux limites, je mène la ligne *B T*, que je regarde en conséquence comme la direction du vent. Il ne s'agit plus que de la déterminer par le calcul; mais je suis d'autant plus tranquille sur la certitude du résultat, que, vu la grande obliquité des deux lignes *B T* & *E T*, il faudroit, sur la grandeur de celle-ci, une erreur immense pour occasionner, sur la direction de l'autre, une différence appréciable. Résolvant en effet le triangle *B E T*, dans lequel l'angle *E*, & le

côté *BE* ſont connus, & ſuppoſant ſucceſſivement la diſtance *E T*, égale aux deux nombres donnés ci-deſſus pour limites, on trouve que l'angle *E B T* ne peut varier qu'entre $106^d\ 8'\frac{1}{2}$ & $106^d\ 59'\frac{1}{2}$. Voilà donc la direction du vent déterminée à moins d'un degré près, & il eſt infiniment probable que c'eſt cette route que le Ballon a tenue.

Pour examiner maintenant comment cette direction quadre avec les autres poſitions du Globe, je mène encore les lignes *E Q*, *ER*, faiſant, avec la ligne de milieu du Champ de Mars, des angles égaux aux deux autres déclinaiſons que M. d'Agelet a auſſi déterminées; de ſorte que l'angle *B E Q* de 30 degrés, appartient à $5^h\ 4'$, tandis que l'angle *B E R* de 20 degrés, appartient à $5^h\ 2'\ 52''$; & je commence par chercher à quel point de la ligne *E Q*, correſpondoit à-peu-près le Ballon au moment où il a été obſervé.

Je pars toujours de la ſuppoſition que, lors de la diſparition, la hauteur acquiſe étoit entre 450 & 500 toiſes, & j'en conclus, par la comparaiſon des tems, que cette élévation, à $5^h\ 4'$, étoit entre 290 & 322 toiſes; d'où il eſt facile de conclure, par la réſolution du triangle dont la hauteur apparente, obſervée

pour cet inſtant, détermine la conſtruction, que la diſtance horizontale du Globe, par rapport à l'Ecole Militaire, étoit alors entre 169 ½ & 188 ½ toiſes; mais ſi la ligne *B T* eſt en effet la route que le Ballon a décrite, le point *m* où elle coupe la ligne *E Q*, en détermineroit la poſition pour l'inſtant dont il s'agit, & doit par conſéquent quadrer avec les limites qu'on vient de trouver; c'eſt en effet ce qui arrive: car, en réſolvant le triangle *BE m*, & ſuppoſant à l'angle *E B m*, ſucceſſivement les deux valeurs trouvées plus haut, on obtient pour *E m* les deux quantités preſqu'égales, 179 & 181 toiſes, qui ſe trouvent, comme on voit, entre les limites 169 ½ & 188 ½, & dont, par une ſorte de hazard ſingulier, la moyenne eſt à une toiſe près la même. Tout ſe réunit donc juſqu'ici pour confirmer que la ligne *B T* eſt bien réellement la direction du vent qui ſouffloit lors de l'expérience du 27 Août, & que le Ballon a ſuivi à-peu-près cette route, au moins depuis *m* juſqu'en *T*: voyons ce que la première obſervation de M. d'Agelet, qui nous reſte encore à diſcuter, nous apprendra de plus ſur le commencement du trajet de ce mobile.

En adoptant toujours pour limites de la hauteur du Ballon, lors de ſa diſparition, les

termes 450 & 500 toiſes, dont la grande latitude permet enſuite de faire, ſans erreur, les ſuppoſitions les plus commodes ſur la loi de ſes élévations ſucceſſives; nous continuerons, pour cette obſervation, à prendre les hauteurs proportionnelles aux tems : il en réſultera, qu'à l'inſtant dont il s'agit, la hauteur du Globe devoit être entre 125 $\frac{1}{2}$ & 139 $\frac{1}{2}$ toiſes : d'où concluant la diſtance par le moyen de la hauteur apparente qui étoit alors de 53^{d} 40′, on trouvera qu'elle étoit entre les limites 92 $\frac{1}{2}$ & 102 $\frac{1}{2}$ toiſes. Portant donc ces diſtances, dont la différence eſt à peine ſenſible ſur la carte, ſur la ligne *E R*, à laquelle nous avons vu que le Ballon devoit correſpondre alors, on aura à-peu-près le point *n*, projection horizontale du lieu qu'il occupoit.

Vous êtes ſans doute étonné, Monſieur, de voir ce point tomber fort loin à droite de la ligne *B m T*, avec laquelle les réſultats qui précèdent, ſembloient devoir le faire coïncider : mais comme il eſt impoſſible de douter de l'exactitude des obſervations ſur leſquelles ſa détermination eſt fondée, & qu'il faudroit cependant y ſuppoſer des erreurs tout-à-fait improbables, pour apporter un changement notable à cette poſition du point *n*, il me paroît établi avec évidence, que le Ballon

s'eſt mu d'abord vers la droite, pour aller de *B* en *n*, & qu'il eſt enſuite revenu en *m*, par le mouvement contraire. Vous pouvez en effet vous rappeler, Monſieur, que pendant la première minute du mouvement du Ballon, les Spectateurs qui environnoient le lieu d'où il eſt parti, furent obligés, pour le ſuivre des yèux, de ſe tourner de plus en plus vers le dôme des Invalides & même vers l'extrêmité des bâtimens de l'Ecole Militaire; ce qui quadre tout-à-fait avec la direction *B n*, que nous venons de trouver pour la première portion de ſa route (1).

Mais comment accorder cette marche circonflexe & biſarre avec la direction du vent, qui nous ſembloit ſi bien connue, & qui n'auroit pu emporter le Ballon, que ſuivant la ligne droite *B m*? C'eſt à quoi des réflexions bien ſimples ſur ce qui ſe paſſe tous les jours dans l'atmoſphère, vont nous conduire tout naturellement. Une cauſe ſubite & accidentelle,

(1) Depuis cette Lettre écrite, M. Jeaurat m'a dit avoir vu en effet le Ballon décliner d'abord vers ſa gauche, avant de ſe déterminer à ſuivre la droite à demeure : ce qu'il rend par cette expreſſion que le Globe lui parut monter d'abord obliquement, puis ſe redreſſer. Tout confirme donc ce qu'on a trouvé ici.

cidentelle, qui occaſionne dans l'air un mouvement particulier, n'empêche pas en effet que la maſſe entière ne puiſſe être emportée ſuivant une direction déterminée : il en réſulte ſeulement des oſcillations, qui, ſe combinant avec le mouvement général, produiſent des directions obliques & ſucceſſivement oppoſées, juſqu'à ce que la tendance à l'équilibre, & la diſperſion du moúvement local en tout ſens, aient bientôt détruit ces oſcillations, pour ne laiſſer ſubſiſter que l'effet de la cauſe conſtante ; alors l'air continue de ſe tranſporter en ligne droite, tant qu'une cauſe nouvelle n'y vient pas occaſionner de nouvelles perturbations. C'eſt ce qui, ſelon toutes les apparences, eſt arrivé au moment où le Ballon a été abandonné : il eſt en effet impoſſible d'infirmer la méthode d'où nous avons tiré, à moins d'un degré près la direction du vent principal ; mais tout indique qu'à l'inſtant du départ du Globe, il eſt ſurvenu dans l'air une oſcillation latérale, qui s'eſt reſtituée pendant le tems qu'il a mis à ſe rendre de *B* en *m* ; & ſi l'on fait attention que c'eſt encore au même inſtant que les nuages, formés depuis long-tems, & ſuſpendus dans l'atmoſphère, ont été déterminés à ſe réſoudre en pluie, on ne ſera pas embarraſſé de trouver

des causes à cette agitation subite (1). Quoi qu'il en soit, l'oscillation dont il s'agit a bien certainement eu lieu; mais le retour du Ballon dans la ligne *B m T*, est une puissante raison de croire qu'il a ensuite continué de la suivre, du moins à-peu-près.

Il faut pourtant faire attention qu'un mouvement quelconque dans l'air ne pouvant guère se détruire en entier après une seule oscillation, il est fort à présumer que le Ballon a ensuite été emporté quelque peu vers la gauche de la ligne *B m T*, pour la couper de nouveau, & peut-être plus d'une fois avant d'y revenir à demeure : & si l'on connoissoit

---

(1) Quand une masse de vapeurs se condense pour former la pluie, son volume diminue évidemment dans le rapport de sa pesanteur spécifique à celle de l'eau elle - même : il se fait donc un vuide presqu'absolu, dont l'effet est d'exciter de tous côtés des courans d'air qui viennent le remplir. Or je tiens de M. le Gentil qu'il pleuvoit à l'Observatoire, & même très-fort, dès avant que le Globe s'élevât : Il suit delà que, la précipitation successive des vapeurs ayant commencé dans le sud-est de l'Ecole Militaire, pour se propager vers la partie opposée, l'air a dû être attiré d'abord du côté du sud-est, & bientôt après dans la direction contraire : ce qui suffiroit seul pour expliquer comment le Ballon a d'abord été transporté à droite de la ligne *B T*, & ramené ensuite dans cette ligne.

la durée de ces balancemens, on feroit en état de déterminer les différens points μ, où se feroient ces intersections; mais outre que cette considération deviendroit minutieuse pour l'objet dont nous nous occupons, nous n'avons aucune des données de cette espèce de problême. Nous savons seulement, par le journal de M. Jeaurat, que le Ballon lui paroissant déjà se mouvoir vers sa droite, six secondes environ avant l'instant où M. d'Agelet l'a vu au point *n*, il en résulte que le sommet de la courbe *B n m*, est un peu avant ce point : d'où il paroît que le Ballon a mis sensiblement plus de tems à revenir dans la ligne *B T*, qu'à s'en écarter, & qu'ainsi les oscillations devenant de plus en plus lentes (1), & d'ailleurs

(1) C'est à $5^h\ 2'\ 46''\ \frac{1}{4}$ que M. Jeaurat voyoit déjà le Ballon décliner vers sa droite; il avoit donc alors commencé à revenir vers la ligne *B T* : mais à $5^h\ 2'$ le Ballon étoit à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire, & l'on peut évaluer à $8''$ à-peu-près, le tems qu'il lui a fallu pour acquérir cette élévation; il étoit donc en mouvement depuis $54''\ \frac{1}{4}$ tout au plus, quand il a terminé la première partie de son oscillation; & comme il n'est revenu en *m* qu'à $5^h\ 4'$, il s'ensuit qu'il a mis $19''$ de plus au retour, & que par conséquent, il avoit une tendance marquée à ralentir de plus en plus les balancemens que l'impression du premier pouvoit entretenir.

la vîteſſe horizontale du Ballon paroiſſant s'être beaucoup augmentée à meſure qu'il s'élevoit davantage, le point μ doit être non-ſeulement beaucoup plus éloigné du point m, que celui-ci ne l'eſt du point B; mais encore fort au dehors du cercle MPN, auquel nous avons vu que le Globe répondoit 53″ ſeulement après l'obſervation du point m, tandis que l'oſcillation Bnm en a duré au moins 120. Il ſuit delà que, ſi une ſeconde oſcillation a eu lieu, elle n'étoit pas à beaucoup près achevée quand le Ballon eſt paſſé au-deſſus du cercle MPN, & que par conſéquent le point de ce cercle, qui lui correſpondoit alors, doit être un peu ſur la gauche de la ligne BT; mais la tendance au rallentiſſement que nous venons de reconnoître, montrant en même-tems une diſpoſition très-prochaine à l'extinction totale des balancemens, il eſt fort à préſumer que cet écart du Ballon étoit très-peu conſidérable.

Ayant donc tracé ſur la carte jointe à cette lettre, la route qu'il paroît que le Ballon a tenue, & dont pluſieurs points nous ſont connus maintenant à bien peu de choſe près, revenons à l'objet qui a occaſionné toute cette diſcuſſion, & qui va déſormais être bien ſimple. Il s'agiſſoit en effet de trouver le point du

cercle *MPN* auquel le Globe répondoit lors des deux obſervations comparées de l'Ecole Militaire & du Garde-Meuble : or il eſt maintenant évident que c'eſt le point *z* où ce cercle eſt coupé par la route du Ballon, & il ne s'agit plus que de le déterminer par le calcul. Mais comme rien ne nous apprend à quelle diſtance ce point ſe trouve de la ligne *BT*, quoique nous ſachions bien qu'elle eſt très-peu de choſe, bornons-nous à chercher le point *u* où le même cercle eſt coupé par cette ligne ; ſauf à ne pas oublier que nous ſavons d'avance par-là dans quel ſens eſt l'erreur très-légère dont le réſultat ſera ſuſceptible. Reprenant donc les limites que nous avons trouvées ci-deſſus pour la valeur de l'angle *EBT*, nous choiſirons celle qui rapproche le plus le point *u* du point *z*, & nous ſuppoſerons en conſéquence l'angle *EBT* de 107 degrés, pour éviter une fraction de minute, dont l'effet ſeroit ici totalement inſenſible.

Le reſte ne préſente plus aucune difficulté, & s'achève par la réſolution d'une ſuite de triangles, qu'on formera en menant les lignes *BC*, *uC* & *Eu* ; il faut ſe rappeller que la diſtance *CE*, dont le centre du cercle *MPN* eſt éloigné du dôme de l'Ecole Militaire, eſt de 171 toiſes, que le rayon de ce cercle en

a 465, & que le point *B*, d'où eſt parti le Ballon, eſt à 129 toiſes du point *E*. Quant à l'angle *BEG*, que nous avons encore beſoin de connoître, & qui eſt formé par la ligne de milieu du Champ de Mars, & celle qui vient du Garde-Meuble au dôme de l'Ecole Militaire, nous le prendrons de 86 degrés, comme les meilleures cartes s'accordent à le donner. Il réſulte de ce calcul, dont tout l'objet eſt de déterminer la ligne *Eu*, que cette ligne, exprimée en toiſes & en fractions décimales de toiſes, eſt de 315,67 toiſes (1). Si donc le

---

(1) Voici le détail de ce calcul :

Dans le triangle *BEC*, l'on connoît *BE* de 129 toiſes, *CE* de 171, & l'angle *BEC*, ſupplément de l'angle *BEG*, qui eſt par conſéquent de 94 degrés. On en conclura l'angle *EBC* de $50^d\ 26', 28$; l'angle *ECB* de $35^d\ 33', 72$ & la ligne *BC* de 221,2 toiſes : les fractions de minutes & de toiſes étant exprimées en décimales.

Ajoutant l'angle *EBC*, qui vient d'être déterminé, avec l'angle *EBu*, que nous ſavons être de 107^d, on aura *uBC* de $157^d\ 26', 28$; & l'on connoîtra de plus, dans le triangle *uBC*, le côté *BC*, qui vient d'être déterminé, & le côté *uC*, qui étant un rayon du cercle, eſt de 465 toiſes. Réſolvant donc ce triangle, on trouvera le côté *Bu* de 252,85 toiſes. Réſolvant enfin le triangle *BuE*, où l'on connoît maintenant *Bu*, *BE* & l'angle compris, on trouvera l'angle *BEu*, qui meſure la déclinaiſon, de $49^d, 59', 74$ & *Eu* de 315,67 toiſes.

Ballon, à l'inſtant dont nous nous occupons, avoit correſpondu au point *u*, où la direction du vent coupe le cercle *MPN*, ſa diſtance horizontale par rapport à l'Ecole Militaire, auroit été alors telle que nous venons de la déterminer. Mais nous avons vu ci-deſſus qu'il y a tout à préſumer que ce mobile étoit alors en *z*, un peu à gauche de la direction principale du vent; il y auroit donc quelque choſe à ajouter à cette diſtance. Comme nous n'avons néanmoins aucun élément de cette correction qui dépend uniquement de l'amplitude inconnue de la ſeconde oſcillation que le Ballon a dû faire en conſervant l'impreſſion de la premiere, nous nous bornerons à regarder ce réſultat comme une approximation un peu au-deſſous du vrai, & il en ſera de même de la hauteur que nous allons en conclure.

Cette élévation qu'avoit acquiſe le Ballon, lors de l'obſervation dont il s'agit, ſe déduit en effet fort ſimplement de la hauteur apparente meſurée par M. d'Agelet, du moment que la diſtance horizontale eſt cenſée connue. Réſolvant donc le triangle rectangle dont la baſe eſt de 315,67 toiſes, & l'angle de hauteur égal à 53^{d}. 37$'$, on trouvera que la hauteur cherchée du Ballon

étoit un peu plus que 428 toifes & demie.

Il fera facile encore de conclure de tout ceci, quelle étoit à-peu-près l'élévation du Globe, quand il difparut pour M. Jeaurat, c'eft-à-dire 13 $\frac{1}{4}$ fecondes après la pofition que nous venons de déterminer; car pour des inftans auffi voifins l'un de l'autre, on peut, fans grande erreur, regarder les hauteurs comme proportionnelles aux tems. Il réfulte de cette fuppofition, qu'à l'inftant de la difparition dont il s'agit, la hauteur de la Machine étoit d'environ 461 $\frac{1}{5}$ toifes : ce réfultat étant toujours regardé comme un peu trop foible, ainfi que celui duquel il eft déduit, & par les mêmes raifons.

Il eft enfin très-aifé de connoître le point du terrein auquel le Ballon répondoit verticalement à l'inftant de fa difparition ; il n'y a qu'à calculer fa diftance horizontale par rapport au Garde-Meuble, d'où il fut obfervé alors fous un angle de 28^{d} 40$'$: cette diftance fe trouve par ce moyen d'environ 844 toifes. Décrivant donc du Garde-Meuble comme centre, un arc de cercle de ce rayon, il coupera la route du Ballon en un point *t*, qui fera le point cherché. En le rapportant fur la carte, on trouve qu'il tombe à très-peu près fur l'extrémité de la rue S. Dominique, au Gros-Caillou, à diftances

égales de l'églife S. Pierre & de la rue de la Vierge.

D'après la méthode que j'ai fuivie pour ces différentes déterminations, vous jugerez, Monfieur, fort peu utile fans doute d'en comparer les réfultats avec ceux qui ont été publiés : le calcul de ceux-ci n'ayant été fondé que fur des eftimations arbitraires des diftances horizontales, tandis qu'elles ont été ici déterminées d'une manière fcrupuleufe ; mais il eft feulement fingulier que toutes ces évaluations fe foient accordées à faire la hauteur du Globe beaucoup plus confidérable qu'elle n'a été réellement. En ajoutant en effet les 20 toifes de hauteur du dôme de l'Ecole Militaire, du niveau duquel font comptées toutes nos hauteurs, aux 461 toifes que nous venons de déterminer, il y en manqueroit encore 38 pour faire les 519 dont on a parlé dans plufieurs papiers. Quant à l'élévation de 488 toifes, qui a été conclue de la hauteur apparente de $14^{d}\ 3'$, mefurée par M. le Gentil à l'Obfervatoire, elle eft encore dans le même cas : car à moins de fuppofer que le Ballon ait difparu beaucoup plus tard pour ce point éloigné, ce qui ne s'accorderoit guère avec ce que nous favons de la pluie qui s'y étoit fait fentir plutôt qu'à l'Ecole Militaire, il n'eft pas poffible d'ad-

mettre une aussi grande différence entre les élévations. C'est au reste ce qu'il nous est aisé de vérifier par le moyen de l'azimut du Globe, que M. le Gentil a aussi déterminé à-peu-près (1). Menant en effet par le point *I*, qui représente le dôme des Invalides, une ligne *Ir*, dirigée sur l'Observatoire, & une autre *Ls* deux à trois degrés à l'ouest de la première, le point *s*, où elle coupe la route du Ballon, sera le lieu où il existoit alors. Or, ce point, très-voisin du point *t*, où nous avons vu que M. Jeaurat avoit perdu la Machine de vue, indique déjà qu'il ne doit pas y avoir eu une grande différence entre ces deux disparitions. Mais nous avons une donnée plus certaine, dans la distance connue du point *s*, par rapport à l'Observatoire, qui est d'environ 1800 toises. Résolvant donc le triangle formé sur cette distance, par la hauteur apparente de $14^d\ 3'$, nous trouverons qu'au moment dont il

(1) M. le Gentil m'a expliqué de combien il avoit vu le Ballon à l'ouest du dôme des Invalides : il a même bien voulu retourner sur la plate-forme, avec un instrument, pour rendre sa réminiscence plus parfaite par l'aspect même des lieux ; & il en est résulté de cette espèce d'observation faite après coup, que l'azimut occidental du Ballon, par rapport au dôme des Invalides, étoit, lorsqu'il disparut pour M. le Gentil, de 2 à 3^d.

s'agit, l'élévation du Globe étoit de 451 $\frac{1}{2}$ toises au-dessus de la plate-forme de l'Observatoire, & non pas de 488 : à quoi ajoutant 9 toises, dont cette plate-forme est plus élevée que le dôme de l'Ecole Militaire (1), on aura 460 $\frac{1}{2}$ toises pour la hauteur du Globe au-dessus du dôme de l'Ecole Militaire, au moment de l'observation de M. le Gentil. Cette élévation, un peu moindre que celle de 461 $\frac{1}{3}$ toises, trouvée pour l'observation de M. Jeaurat, que nous savons même être un peu trop foible, prouve que l'occultation du Ballon pour l'Observatoire, a plutôt précédé que suivi sa disparition pour le Garde-Meuble : ce qui est tout-à-fait conforme aux indices résultans de la direction du vent, & de la succession de la pluie.

---

(1) M. le Gentil a eu la bonté de faire à ma demande les observations nécessaires pour établir cette différence de niveau, & plusieurs autres. L'angle sous lequel il a vu le dôme de l'Ecole Militaire, plus bas que le niveau de la plate-forme de l'Observatoire, est de 19' 20" : ce qui, d'après la distance de 1570 toises qui se trouve entre les deux points, donne les 9 toises que j'emploie ici. Je n'ai fait au reste aucune réduction, pour la différence du niveau réel, au niveau apparent, quoiqu'elle soit très-sensible à cette distance, parce qu'il faudroit faire la même correction en sens contraire sur l'angle de hauteur du Ballon, & que les deux manières reviennent par conséquent au même.

Quant à l'obſervation de M. Prevoſt, qui lui a donné 15 degrés juſte, ſi l'on ſuppoſe que le Globe fut alors dans le voiſinage du point *s*, & par conſéquent à 1700 toiſes environ de la tour méridionale de Notre-Dame, il en réſulte que ſa hauteur étoit de 455 ½ toiſes au-deſſus du lieu de cette obſervation. Ajoutant donc 6 toiſes & demie, dont les tours de Notre-Dame ſont plus hautes que la plate-forme de l'Obſervatoire (1), avec les 9 toiſes dont celle-ci eſt plus haute que le dôme de l'Ecole Militaire, on aura 15 toiſes ½ de plus à compter, pour rapporter à ce dernier point l'obſervation de M. Prevoſt, & l'on aura, par ce moyen, la hauteur du Globe de 471 toiſes, à l'inſtant de cette obſervation. Ce réſultat, plus fort de dix toiſes que les précédens, montre que le Ballon eſt diſparu pour les tours de Notre-Dame, 4″ environ plus tard que pour l'Obſervatoire, & toute autre cauſe à part, il eſt en effet très-naturel que le point le plus élevé ait ſuivi plus loin la marche de la Machine aſcendante.

(1) Réſultat conforme aux obſervations de M. le Gentil, à celles que M. Lavoiſier a faites autrefois avec le plus grand ſoin, qui, avec beaucoup d'autres, compoſent un travail très-étendu, qu'il a bien voulu me communiquer, & au nivellement de Paris par M. Buache.

Vous voyez, Monſieur, par ces comparaiſons, que toutes les obſervations ayant été ramenées à leur ſignification véritable, ne donnent plus, à beaucoup près, des réſultats auſſi forts pour l'élévation du Globe, aux différens inſtans de ſes diſparitions ſucceſſives. L'erreur n'eſt venue, comme je l'ai déjà remarqué, que des ſuppoſitions gratuites & incertaines que l'on a faites ſur les diſtances horizontales du Ballon, par rapport aux points d'où les hauteurs apparentes ont été meſurées; au lieu que, par la connoiſſance que nos recherches nous ont données de la vraie direction qu'a ſuivie la Machine, nous avons pris ſur ces diſtances des idées infiniment plus exactes. Toutes les obſervations ſont donc maintenant d'accord entr-elles; & l'on pourroit même s'étonnerde la préciſion avec laquelle a été ſuivi ce mobile, dont on ne prévoyoit guère la rapidité, ſi l'on ne faiſoit attention que c'étoient des aſtronomes d'un mérite bien connu qui faiſoient ces obſervations, & que pour les opérations auxquelles ils ſont ſi exercés, il faut une juſteſſe bien autrement délicate. C'eſt de quoi l'on aura une preuve de plus, quand on ſaura que, malgré l'exactitude des obſervations que nous avons diſcutées, & dont les angles paroiſſent juſtes à moins d'une minute près, tous ceux

qui les ont faites s'accordent à en être très-peu ſatisfaits; mais l'on ſera en même-tems bientôt raſſuré ſur ce ſcrupule, puiſque, pour les plus grandes diſtances que nous ayons conſidérées, une minute en plus ou en moins ne feroit pas une toiſe d'erreur ſur la hauteur réelle du Globe aſcendant.

Il ne me reſte donc plus, Monſieur, qu'à réunir ici des réſultats qui ſont épars dans tout le cours de cette lettre, & que je vous ai mis ſous les yeux, à meſure que le cacul me les a donnés. C'eſt à quoi eſt deſtiné le tableau ſuivant, dans lequel, au lieu d'angles, qui ne préſentent aucune idée nette, vous allez voir par-tout des hauteurs abſolues. Mais vous n'aurez pas ſans doute perdu de vue qu'aucun de ces réſultats n'eſt exempt d'une erreur d'un très-petit nombre de toiſes, & je vous prie de vous rappeller ſur-tout que, ſur deux de ces hauteurs, l'erreur eſt certainement en moins : j'ai ſoin d'ailleurs de le rappeler dans ce tableau. C'eſt au reſte du ſol même du Champ de Mars, & non pas du dôme de l'Ecole Militaire que les élévations y ſeront comptées, & j'ajoute pour cela à chacune, la hauteur de ce dôme, qui eſt de 20 toiſes.

Je déſigne auſſi dans ce tableau, la direction du vent que nous avons déterminée d'une ma-

nière si approchée; mais comme cette position n'a été jusqu'ici rapportée qu'à l'axe du Champ de Mars, avec lequel elle fait un angle de 107 degrés, il faut savoir encore comment cette ligne est inclinée par rapport à la méridienne, pour ranger ce vent dans la suite des *rumbs* de la boussole. Or, d'après les meilleures cartes, la ligne de milieu du Champ de Mars décline d'environ 43 degrés à l'ouest de la méridienne : le vent qui souffloit lors de l'expérience du 27 Août, étoit donc entre l'ouest & le sud, à 30 degrés de celui-ci. C'est le lieu de vous faire observer, Monsieur, que cette direction ne porte point sur Ecouen, où le Globe est allé tomber, & qu'elle s'en écarte au contraire de 10 ou 12 degrés vers l'est; mais c'est une conformité de plus avec les faits : car, suivant la lettre qui donna avis de la chûte du Ballon, il parut d'abord à l'est de Gonesse, avant d'être transporté sur Ecouen. Nous devons en conclure qu'il a éprouvé dans sa route, un changement de direction, & deux vents différens, dont le premier doit être celui que nous avons déterminé. Or, d'après nos données, on trouve en effet que le vent qui souffloit au Champ de Mars, portoit à cinq ou six cens toises à l'est de Gonesse.

Quant aux disparitions successives, que vous

trouverez aussi notées dans ce tableau, les époques que j'y ai mises ne sont peut-être pas à l'abri d'une erreur légère, & la supposition des hauteurs proportionnelles aux tems, qui a servi de base à la détermination de quelques-unes, n'est pas sans doute exacte à la rigueur: j'ai même assigné l'occultation pour l'Observatoire, comme antérieure de deux secondes à celle du Garde-Meuble, sans avoir, pour la calculer, la hauteur précise du Ballon, au moment de celle-ci; mais étant sûr au moins de quel côté devoit être la précession, considérant d'ailleurs que l'Observatoire a reçu la pluie bien avant le Garde-Meuble, & la même cause ayant suffi pour mettre trois secondes de différence entre ce dernier point & l'Ecole Militaire, j'ai cru ne pouvoir porter, à moins de deux, l'intervalle dont il s'agit. Il s'ensuivra que l'Observatoire aura encore vu le Globe une seconde après l'Ecole Militaire, & l'inégalité de niveau des deux points, peut bien occasionner une pareille différence. Quoi qu'il en soit, c'est peut-être d'une seconde qu'il seroit ici question, si l'on vouloit prétendre à une rigueur absolue, & la petitesse de l'objet rend la discussion assez inutile.

Vous trouverez enfin dans le tableau que

je viens de vous annoncer, les eſpaces parcourus par le Ballon dans le ſens de la direction du vent, dont quelques-uns ſe trouvent déjà déterminés dans les caculs que j'ai été obligé de faire plus haut, relativement à d'autres objets : j'ai calculé les autres de la même manière, & d'après les déclinaiſons obſervées. Pour la petite quantité dont M. le Gentil a vu le Ballon à l'oueſt du dôme des Invalides, je l'ai portée à ſa plus grande valeur, c'eſt-à-dire, à trois degrés; ce qui ne fait que s'accorder encore mieux avec ce qui a été dit ci-deſſus de la ſucceſſion des diſparitions, & ne ſauroit d'ailleurs altérer ſenſiblement la hauteur calculée, qui eſt le réſultat véritablement eſſentiel (1). Quant à la diſtance parcourue ſous le vent au moment de l'obſervation des tours de Notre-Dame, pour laquelle on n'a meſuré aucune déclinaiſon, elle a été calculée d'a-

(1) Pour mettre tout le monde à portée de vérifier ces calculs, je dois ajouter ici les élémens que j'ai employés : l'angle que fait le dôme des Invalides, avec celui de l'Ecole Militaire, étant vus l'un & l'autre du l'Obſervatoire, a été pris, ſuivant les cartes, de 12 degrés 15'; & celui qui eſt compris entre la ligne de milieu du Champ de Mars, & celle qui joint l'Ecole Militaire avec l'Obſervatoire, de 171 degrés.

près le rapport que les autres ſuivent avec les tems.

Les déviations à droite ou à gauche de la principale direction du vent, ſont auſſi notées dans une colonne à part, de ſorte qu'à l'aide de ce tableau, on pourra déſigner d'une manière très-approchée un aſſez grand nombre des poſitions ſucceſſives du Globe aſcendant dans l'eſpace.

RÉSULTAT des *Observations faites le 27 Août 1783, sur la marche du Globe ascendant, lancé du Champ de Mars.*

Heures suivant M. d'Agelet.	*Direction du vent. Sud-Sud-Ouest 7 ½ᵈ Ouest. Point de départ du Globe, à 129ᵗ & 43ᵈ Ouest du dôme de l'Ecole Militaire.*	*Hauteurs du Globe, comptées du niveau du Champ de Mars.*	*Distances parcourues suivant la direction du vent.*	*Déviations à droite ou à gauche de la direction du vent.*
	La pluie commence à l'Observatoire dès avant le départ du Globe.			
soir. $5^h\ 1^m\ 0^s$	On tire un coup de canon à l'Ecole Militaire.			
$^h\ 1^m\ 6^s\frac{1}{4}$	On entend ce coup de canon au Garde-Meuble.			
$^h\ 2^m\ 0^s$	Le Globe est à la hauteur du dôme.	toises. 20	toises. 14 ½	toises. 17 à droite.
$^h\ 2^m\ 52^s$	....	entre {145 ½, 159 ½}	34	40 idem.
$^h\ 4^m\ 0^s$	....	entre {310, 342}	94 ½	0
$^h\ 4^m\ 53^s$	Grande pluie à l'Ecole Militaire.	un peu plus de 448 ½	un peu moins de 252	Une petite quantité inconnue à gauche.
$^h\ 5^m\ 3^s$	Le Globe disparoît pour l'Ecole Militaire.	un peu plus de 474 ½	un peu moins de 263 ½	Idem.
$^h\ 5^m\ 4^s\frac{1}{4}$	Le Globe disparoît pour l'Observatoire.	480 ½	265	Idem.
$^h\ 5^m\ 6^s\frac{1}{4}$	Grande pluie au Garde-Meuble, le Globe disparoît.	un peu plus de 481 ⅓	un peu plus de 270	Idem.
$^h\ 5^m\ 8^s\frac{1}{2}$	Le Globe disparoît pour les tours Notre-Dame.	491	un peu plus de 275	Idem.
$^h\ 7^m\ 0^s$	Le Globe reparoît un moment pour l'École Militaire.	entre {720, 820}	entre {1027, 1181}	0

Voilà, Monfieur, tout ce qu'il m'a été poffible de tirer des obfervations du 27 Août dernier, qui n'ont été ni affez multipliées, ni affez complettes pour donner des réfultats plus pofitifs & rigoureux. J'ai du refte configné également dans ce tableau mes incertitudes, comme les déterminations fur lefquelles j'ai le plus de raifons de compter, & il eft difpofé de manière à faire diftinguer l'un & l'autre; mais pour la colonne des hauteurs, qui eft ce qu'il y a de plus effentiel, dans les vues dont je vous ai fait part au commencement de cette Lettre, vous avez pu voir, en fuivant les raifonnemens & les calculs dont j'en ai déduit plufieurs termes, que c'eft la partie de ce travail qui mérite le plus de confiance : & fans parler de celles fur lefquelles je n'ai pu indiquer que des limites, les autres me paroiffent affez exactes pour mériter d'être comparées avec les réfultats que fournit la théorie. Ainfi, en comptant celles qu'il faudroit augmenter d'une petite quantité, qui dépend des déviations inconnues du mobile à gauche de la direction du vent, en vertu de l'impreffion continuée de fa première ofcillation à droite, & qu'on ne peut guère fuppofer que d'un petit nombre de toifes; nous aurons en tout cinq comparaifons

de cette eſpèce à faire. Quant aux eſpaces parcourus ſous le vent, je les crois aſſez bien appréciés pour montrer qu'il y a eu dans cette partie du mouvement du Globe, de grandes irrégularités, ſur-tout pendant les trois premières minutes; & la vîteſſe horizontale de 12 à 15 pieds par ſeconde, qu'il paroît avoir eue lors de ſes différentes diſparitions, ſuppoſe encore à cet égard des variations poſtérieures, puiſqu'en la conſervant ſans augmentation, il ne ſeroit pas, à beaucoup près, parvenu à Ecouen en 45 minutes. Mais cette vîteſſe dépendant à chaque inſtant & des impulſions très-inégales des bouffées de vent qui ſe ſuccédoient, & des différences qu'apporte la hauteur à la force d'un vent qui ſeroit même uniforme d'ailleurs, il ne faut pas s'étonner, ce me ſemble, que cette partie de nos réſultats ſoit bien éloignée de préſenter quelqu'égalité, & même aucune eſpèce de loi régulière. Je ne chercherai point au ſurplus, Monſieur, à excuſer le détail très-étendu dans lequel je vous ai fait ſuivre toute cette recherche, & qui vous l'a rendue peut-être auſſi faſtidieuſe, qu'elle a été laborieuſe pour moi : mais plus la marche que j'ai priſe a dû être compliquée, plus je devois auſſi vous mettre à portée de la vérifier dans

tous ſes points. C'eſt donc la faute des circonſtances de l'épreuve du 27 Août ; plus heureuſement diſpoſées, elles nous auroient procuré des obſervations dont l'examen ſeroit devenu de la plus grande ſimplicité.

Il ne reſte plus maintenant qu'à chercher par la voie de la théorie pure, quelles pouvoient être les loix du mouvement du Globe aéroſtatique, pour en faire la comparaiſon avec les réſultats de l'obſervation ; & les hypothèſes admiſes juſqu'ici pour la réſolution de ces ſortes de problêmes, ſeront miſes par-là à l'épreuve la plus certaine, pour montrer juſqu'à quel point elles s'accordent avec la nature : mais il faut auparavant déterminer avec une grande préciſion les données numériques que nous devons employer, & je dois d'autant plus inſiſter ſur ces déterminations, que dans quelques-unes, je ne ſuis pas entièrement d'accord avec les élémens adoptés juſqu'ici par des auteurs, bien propres cependant à faire autorité.

La première donnée, très-importante à établir, eſt la loi ſuivant laquelle diminuent les denſités des différentes couches de l'atmoſphère. J'admettrai toutefois la ſuppoſition connue, que pour une ſuite de points, dont l'élévation augmente également d'un

terme à l'autre, les densités de l'air forment une progression géométrique décroissante. Cette hypothèse est une suite nécessaire de l'expérience tant répétée, qui montre que le volume d'une même masse d'air diminue précisément comme le poids qui la comprime, augmente : mais elle ne sauroit pourtant être adoptée comme rigoureuse, dans toute la hauteur de l'atmosphère, puisqu'elle la supposeroit infinie ; & il faut nécessairement admettre que les densités décroissent un peu plus rapidement que cette loi ne l'indique. Cependant la chaleur de l'air diminuant aussi à mesure qu'on envisage de plus grandes élévations, & le refroidissement tendant à en augmenter la densité, cette cause doit contribuer à rendre moins prompte la diminution de celle-ci, & rétablir à-peu-près la progression géométrique, du moins dans toute l'étendue, très-considérable sans doute, qui se trouve entre la surface de la terre & le point du plus grand refroidissement. C'est en effet ce que confirment les observations du baromètre, faites à toutes sortes de hauteurs, & jusques dans les montagnes les plus élevées du globe. A travers les causes locales qui troublent quelquefois cette proportion, & qu'on a trouvées d'autant moindres, qu'on a pénétré plus

avant dans les hautes régions de l'air, les plus illuſtres phyſiciens ont toujours ſu démêler la loi capitale; & le ſavant M. de Luc, ce grand ſcrutateur de l'atmoſphère, a contribué plus qu'aucun autre, à mettre cette vérité dans tout ſon jour. La relation des denſités de l'air avec les différentes élévations eſt donc un point ſur lequel la théorie paroît tenir le milieu le plus juſte entre les cauſes perturbatrices, que le calcul, ni la réflexion ne ſauroient faire évaluer d'avance; & comme ces irrégularités, que les obſervations ont ſouvent préſentées, proviennent preſqu'en entier, de l'influence qu'a néceſſairement le ſol même des montagnes où elles ont été faites, ſur la température de l'air qui les avoiſine, les corrections imaginées pour en détruire l'effet, ne paroiſſent guère applicables au cas préſent, où il s'agit d'un corps s'élevant dans l'air libre, & dégagé par conſéquent de cette ſource d'inégalités. L'étude des montagnes n'ayant d'ailleurs préſenté à cet égard aucune progreſſion ſuivie, comme on imaginera aiſément, il ſeroit auſſi impoſſible, qu'il me paroît inutile, d'établir aucun ſyſtême de correction, fondé ſur le changement de température à différentes hauteurs, & je crois bien plus vraiſemblable, ainſi que

je l'ai déjà dit, de regarder cette cauſe de variation dans les denſités, comme ſervant à rendre l'hypothèſe théorique plus conforme encore à la nature.

Telles ſont les raiſons qui m'ont déterminé à adopter cette ſuppoſition, que les denſités ſuivent une progreſſion géométrique, dont les termes répondent à des hauteurs en progreſſion arithmétique. J'ajouterai que, toutes choſes égales d'ailleurs, ces denſités devant être proportionnelles aux hauteurs de mercure ſoutenues dans le baromètre par le poids de l'air ſupérieur, dont la preſſion ſe trouve meſurée par là, il en réſulte cette ſorte de formule, qu'en diviſant la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre par la différence de niveau des deux lieux auxquels elles appartiennent, on doit toujours avoir le même quotient conſtant. C'eſt ce nombre invariable, que je nommerai ici *module barométrique*, dont la détermination nous eſt encore néceſſaire (1).

---

(1) Nous ſommes maintenant en état d'exprimer analytiquement la relation qui ſe trouve entre les denſités de l'air, & les hauteurs au-deſſus d'un certain point. Car les denſités étant comme les hauteurs du baromètre, ſi l'on nomme D, celle qui appartient au point le plus bas, φ une denſité quelconque, f la différence de niveau des deux points, & m le module barométrique, on aura d'après ce

C'eſt le cas de faire remarquer ici que pour une hauteur donnée du baromètre, au point le plus bas, & pour une même différence de niveau, ce nombre étant d'autant plus grand que l'autre élévation du baromètre eſt moindre, ſe trouve avoir par-là une relation marquée avec la denſité de la colonne d'air interpoſée entre les deux ſtations, dont le poids eſt meſuré préciſément par cette différence des deux colonnes de mercure (1).

---

qui vient d'être dit, $\frac{log. D - log. \varphi}{s} = m$; d'après cela, ſi l'on adopte les logarithmes ordinaires, on aura $\varphi = \frac{D}{(10)^{ms}}$; équation qui aſſigne la relation propoſée.

(1) Il eſt aiſé de démontrer analytiquement que la denſité de l'air eſt, ſous des preſſions égales, proportionnelle au module barométrique. Car ſoit β une hauteur quelconque du baromètre, s la hauteur à laquelle il faut s'élever, pour que la colonne de mercure diminue d'une quantité infiniment petite, m le module barométrique, & a la ſoutangente de la logarithmique, qui détermine le ſyſtême de logarithmes qu'on adopte. La différence des logarithmes des deux hauteurs du baromètre infiniment peu différentes, deviendra alors une vraie différentielle dont l'expreſſion eſt $\frac{a\,d\beta}{\beta}$; on aura donc $m = \frac{a\,d\beta}{s\beta}$ & $s = \frac{d\,d\beta}{m\,\beta}$; mais le poids de la petite colonne d'air interceptée entre les ſtations infiniment voiſines, eſt évidemment égal à celui de la petite colonne de mercure,

Il en résulte que, si plusieurs observations successives, pour lesquelles on auroit mesuré géométriquement les hauteurs, donnent à ce nombre des valeurs inégales, leurs différences auront le rapport le plus direct avec les changemens locaux qui surviennent à la densité de l'air, indépendamment de l'inégalité de pression; & ce module ainsi déterminé par l'expérience, présentera immédiatement dans ses valeurs successives, le tableau le plus expressif de ces différens effets, dont les causes auront pu être mesurées en même-tems à l'aide des instrumens propres à ces observations. Aujourd'hui sur-tout que, portée à sa perfection par l'instrument nouveau & les recherches si intéressantes dont M. de Saussure vient d'enrichir la physique, l'hygrométrie ouvre une nouvelle carrière aux expériences de ce genre, & que la connoissance des chan-

---

qui fait la différence des deux hauteurs soutenues aux deux stations : les densités de ces colonnes égales en poids, sont donc en raison inverse de leurs hauteurs, qui sont f pour l'air & $d\beta$ pour le mercure. φ étant donc la densité de l'air & ω celle du mercure, on aura $\varphi : \omega :: d\beta : \frac{ad\beta}{m\beta}$; donc $\varphi = \omega \times \frac{\beta}{a} \times m$; équation qui montre que pour une hauteur donnée du baromètre, la densité de l'air est directement proportionnelle au module barométrique.

gemens qu'éprouve la nature chimique de l'air à différentes élévations, achève de completter la ſcience des élémens d'une queſtion ſi compliquée juſqu'ici, une ſuite de déterminations du module barométrique, jointe aux meſures de la chaleur & de l'humidité & aux réſultats de l'eudiomètre, montreroit d'un coup-d'œil l'influence des différens états de l'air ſur ſa denſité locale : on verroit ce nombre s'accroître avec la ſéchereſſe & avec le refroidiſſement, diminuer, toutes choſes égales d'ailleurs, quand la proportion d'air inflammable auroit été plus grande dans ſon mélange avec l'air commun; & la quantité abſolue de ces variations tiendroit lieu de tout autre calcul, pour aſſigner la relation des cauſes phyſiques avec l'effet dont il s'agit. Cette conſidération du module barométrique me paroît donc à-la-fois le moyen le plus lumineux & le plus ſimple de comparer la règle abſtraite avec la nature; & ſi l'illuſtre M. de Luc eût enviſagé ſous ce point de vue ſes nombreuſes obſervations, plutôt que de les rapporter à une méthode arbitraire, qui n'eſt qu'un cas particulier de celle-ci (1),

(1) La règle de M. de Luc conſiſte à prendre, pour la différence de niveau qui ſe trouve entre deux lieux, ce que donne la différence même des logarithmes des

le beau travail qu'il a fait ſur cette matière, eût été, ce me ſemble, infiniment moins laborieux, & l'eût conduit peut-être à quelque règle encore plus ſimple que celle qu'il nous a tranſmiſe. Je crois même voir avec évidence qu'en ſuivant le plan d'expériences que M. de Sauſſure a ſi heureuſement commencées ſur des maſſes d'air limitées, & les variant, s'il le faut, avec des airs différemment mélangés, on connoîtroit aſſez bien ce que font la chaleur & l'humidité ſur la denſité de ce fluide, pour

---

deux hauteurs du baromètre, calculés juſqu'à ſept figures décimales, conſidérée comme exprimant des millièmes de toiſes; & tout ſon travail a eu pour objet de déterminer les corrections qu'il faut faire à ce réſultat, ſuivant les différentes températures. Or, la proportion priſe ici pour pivot de la nouvelle règle, dérive du cas particulier où le module logarithmique ſeroit égal à la fraction 0,0001; & il paroît y avoir d'autant moins de raiſons de donner aucune préférence à cette valeur particulière, que la température de 16 degrés $\frac{3}{4}$ du thermomètre ordinaire, pour laquelle le ſavant auteur a trouvé que cette valeur convenoit ſans correction, ne tient pas, à beaucoup près, le milieu entre celles qu'on éprouve à meſure qu'on s'élève dans l'atmoſphère. La méthode qu'on propoſe ici, conduit au contraire à prendre indifféremment toutes les valeurs poſſibles du module logarithmique, & à choiſir, pour chaque obſervation, celle qui convient le mieux aux circonſtances où elle a été faite.

aſſigner *à priori*, toutes les valeurs dont le module barométrique eſt ſuſceptible, ſans aller chercher ces connoiſſances dans des lieux preſqu'inacceſſibles, où, pour obtenir un ſeul résultat, il faut tout le courage & l'obſtination dont les illuſtres phyſiciens que j'ai cités nous ont donné de ſi beaux exemples. Il y a d'ailleurs dans cette recherche, faite uniquement ſur les montagnes, tant d'obſtacles incalculables; l'air y eſt ſi ſouvent ſoumis à des mouvemens dans le ſens vertical, qui ont ſur la denſité une action méchanique, ſans qu'il ſoit poſſible d'en meſurer la cauſe; il eſt, de plus, ſi difficile de connoître l'état moyen de la colonne d'air qu'on doit regarder comme compriſe entre deux ſtations, ſouvent très-diſtantes l'une de l'autre, & la meſure des états extrêmes eſt ſi éloignée de donner cette moyenne, que l'idée de déterminer la loi des denſités de l'air, ſuivant ſes différens états, par des expériences immédiates, me paroît le ſeul moyen de débrouiller tout-à-fait cette partie de la phyſique encore fort obſcure, & de donner les règles les plus exactes pour meſurer les hauteurs par le moyen du baromètre. Les obſervations dans les montagnes, deſtinées alors à vérifier une théorie faite d'avance bien plutôt qu'à l'établir, de-

viendroient, ce me ſemble, d'une utilité plus ſenſible, en même-tems qu'il ſeroit moins néceſſaire de les multiplier : ou s'il falloit encore conſulter quelquefois la nature dans ces ſolitudes effrayantes, où elle ſemble avoir changé de face, ce ſeroit principalement pour connoître de plus en plus, la compoſition chimique de l'air des régions élevées, qui influe beaucoup ſans doute ſur ſa peſanteur intrinſèque ; & ce genre particulier de recherche expérimentale ne préſente pas de grandes difficultés. Mais lorſqu'il ſeroit queſtion d'employer à-la-fois toutes les eſpèces d'obſervations, ſoit pour déterminer par les faits le module barométrique, qui convient à une compoſition particulière de l'air, ſoit pour en vérifier la valeur que d'autres moyens auroient donnée, il faudroit du moins ne pas prendre des ſtations très-éloignées l'une de l'autre, pour opérer autant qu'il ſeroit poſſible, ſur une colonne d'air ſoumiſe dans tous ſes points à des circonſtances uniformes : & quand il s'agiroit de faire uſage de la méthode que je ſuppoſe établie ſur ces fondemens, pour meſurer une hauteur inconnue, la même conſidération indiqueroit, ou de choiſir des inſtans pour leſquels l'état de l'air ne fût pas très - différent aux deux ſtations extrêmes, ou de s'aſſurer

au moins de l'état moyen entr'elles par un nombre suffisant d'observations intermédiaires. Avec ces précautions, trop souvent négligées, & sans lesquelles la meilleure pratique ne pourroit pas seulement être d'accord avec elle-même, je ne puis douter que la méthode que je propose, ne donnât sur les hauteurs les résultats les plus précis : puisqu'elle tient compte de tout, il faut bien nécessairement qu'elle soit juste. Mais ce n'est pas le lieu d'entrer à ce sujet dans un plus grand détail ; je n'avois pour but que de faire remarquer ici combien la considération d'un module barométrique variable peut jetter de simplicité dans les recherches sur l'atmosphère, & la possibilité que j'ai indiquée, d'appliquer à ses grandes modifications des expériences faites en petit & dans le calme d'un laboratoire, dérive sur-tout des propriétés de ce nombre, qui conserve sans cesse un rapport intime avec la densité intrinsèque de l'air, sans égard au poids absolu dont il est chargé. Je me hâte donc de terminer cette digression, à laquelle l'importance de la matière m'a entraîné ; & quoique bien loin encore d'avoir développé à mon gré les vues nouvelles qu'elle m'a suggérées, je reviens à l'objet immédiat de la recherche actuelle, c'est-à-dire, à la détermination

mination du module barométrique conſtant, qu'il convient d'adopter, pour la portion de l'atmoſphère dans laquelle le Ballon aéroſtatique s'eſt élevé.

Il ſembleroit, par ce qui précède, que la loi uniforme des denſités en progreſſion géométrique ſe trouveroit totalement détruite, & que la détermination d'un module barométrique conſtant, deviendroit par conſéquent tout-à-fait illuſoire; mais il faut faire attention que toutes les conſidérations que j'ai expoſées ſur la variation de ce module & ſur les moyens de la connoître, ne tendent qu'à conduire la meſure des hauteurs à un degré extrême de préciſion, dont elle n'eſt pas même très-éloignée aujourd'hui, les cauſes irrégulières dont j'ai fait l'énumération n'apportant ſouvent que des erreurs médiocres, même ſur des hauteurs aſſez conſidérables. Je rappellerai d'ailleurs, ce que j'ai déjà dit plus haut, que le mobile que nous avons à conſidérer, s'étant élevé dans un air libre, il y a encore moins de variations à ſuppoſer dans ce cas particulier; & au ſurplus quand on en ſoupçonneroit de plus grandes, les moyens ne manquent-ils pas totalement pour les prévoir & en tenir compte? Ce qu'il y a de plus ſûr & de ſeul praticable dans le cas préſent, eſt

donc d'aſſigner une valeur à ce nombre que j'ai nommé module barométrique, ſauf à ne la regarder que comme une valeur moyenne entre toutes celles qu'il pourroit avoir à différentes élévations : & tout nous porte à croire que les limites entre leſquelles cette moyenne doit être priſe, n'ont pas une grande latitude.

C'eſt donc en conſultant les réſultats connus, & à l'aide des rapports établis par l'expérience entre les hauteurs du baromètre & les élévations réelles, que nous devons déterminer le nombre dont il s'agit ; & il eſt naturel de donner d'abord la préférence au recueil d'obſervations qui préſente à cet égard le plus de régularité. Or, c'eſt ſans contredit le travail des académiciens françois dans la partie élevée de la cordillière des andes du Pérou, qui jouit le mieux de cette uniformité. La température preſqu'invariable dans ces climats, & l'immobilité du baromètre lui-même, y laiſſent à la loi théorique un empire abſolu ; & ſi en étudiant les nombreuſes obſervations que je cite, on eſſaye de faire pour chacune l'opération arithmétique d'où dépend le module barométrique, on eſt frappé d'en voir toujours réſulter le même quotient : les hauteurs étant exprimées en toiſes, ce nombre eſt à-peu-près égal à la fraction décimale

0,0001035 ; la règle même de M. Bouguer, qui consiste à diminuer d'un trentième ce que donne la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre, considérée comme des millièmes de toises, cette règle qu'on doit regarder comme le résumé de toutes ces observations, étant ramenée à l'admission d'un module barométrique particulier, donne précisément le même résultat, à moins d'une unité près du dernier ordre de décimales.

Mais il est à propos d'observer que la différence des climats peut bien apporter dans celui-ci quelque changement à ce nombre ; la température de l'air, nécessairement moins froide dans des montagnes où la ligne des neiges éternelles est de 900 toises plus élevée qu'en Europe, suppose naturellement la densité moyenne de l'air un peu moindre, & le module barométrique trop foible, par conséquent, pour être admis dans la question présente. Cette considération m'a engagé à parcourir aussi un grand nombre d'observations faites dans les Alpes, & en particulier celles que M. de Saussure a faites en 1781, dans la même saison où l'expérience du Champ de Mars a eu lieu. Quoique j'aie trouvé dans cette comparaison, des variations assez fortes entre les résultats, j'ai vu que le terme moyen

du module barométrique pouvoit être à-peu-près égal à la fraction 0,0001041 : valeur un peu plus forte en effet que celle qui se déduit des observations du Pérou; mais qui ne s'en écarte pourtant pas assez pour faire une différence de plus de 6 toises sur une hauteur absolue de 1000. C'est à cette détermination que j'ai cru devoir m'arrêter, comme à la moyenne la plus vraisemblable, & les observations multipliées de M. de Luc dans la montagne de Salève, que j'ai encore discutées avec soin, m'ont donné aussi souvent des résultats au-dessus, qu'au-dessous de ce nombre.

Multipliant donc une hauteur quelconque, exprimée en toises, par la fraction constante 0,00010140, nous aurons pour résultat la différence qu'on trouveroit entre les logarithmes des hauteurs du baromètre aux deux extrêmités de cette ligne, si l'on pouvoit y porter cet instrument; & par conséquent, le rapport des densités de l'air à ces deux points. Comptant donc toutes les élévations d'un point fixe pris sur le sol même, on aura pour chacune le rapport de la dilatation de l'air à cette hauteur, avec la densité de celui qui avoisine le terrein.

Cette densité de l'air à la surface de la terre, doit donc encore être déterminée, puisqu'elle sert d'échelle commune à toutes les autres, &

c'eſt encore du module barométrique que nous allons tirer cette détermination : car il ſeroit bien peu certain ſans doute de compter à cet égard ſur les évaluations courantes, qui ne ſont tout au plus que des approximations groſſières, ni ſur les réſultats obtenus en peſant des vaſes alternativement vuides & pleins d'air. Sans parler des variations qui ſurviennent ſans ceſſe à la denſité du fluide que nous conſidérons, le poids des vaſes contenans, étant toujours incomparablement plus grand que celui de l'air qu'ils renferment, cette dernière méthode eſt néceſſairement expoſée à des erreurs du même ordre que le réſultat lui-même : & le peu d'accord qui règne entre les déterminations que divers phyſiciens ont publiées, d'après des expériences de ce genre, montre aſſez qu'il faut employer quelqu'eſpèce de recherche plus directe & ſur-tout plus intimement liée avec les principes que nous avons ſuivis juſqu'ici. Dès-lors en effet que nous avons adopté l'hypothèſe d'un module barométrique conſtant, il faut la ſuivre dans toutes ſes conſéquences, & l'on va voir que la denſité de l'air à la ſurface de la terre, ſe trouve déterminée par la valeur admiſe pour le module barométrique, jointe à la hauteur réelle du baromètre, qui, le jour de l'expérience dont il s'agit, ſe tenoit à $28^{po.}\ 1^{li.}\ \frac{1}{2}$.

Qu'on imagine pour cela, ſuivant le raiſonnement de M. de Luc & de quelques auteurs plus anciens, une élévation telle que le baromètre s'y ſoutienne plus bas qu'à la ſurface de la terre, d'une quantité quelconque extrêmement petite, comme par exemple, d'une ligne : cette hauteur ſera l'épaiſſeur d'une couche d'air dont le poids, ſouſtrait de celui de l'atmoſphère, donneroit lieu à cette petite deſcente du baromètre. Ce poids ſera donc égal à celui d'une ligne de mercure, &, ſuivant les loix de l'hydroſtatique, la denſité de la tranche d'air, ſenſiblement la même dans tous ſes points, ſera, relativement à celle du fluide peſant qui lui fait équilibre, dans le rapport inverſe des hauteurs que nous venons de conſidérer. Connoiſſant donc la peſanteur ſpécifique du mercure, on aura facilement celle de l'air lui-même. Cette méthode réduite en calcul, d'après la fraction 0,0001041, priſe pour module barométrique, indique que pour voir le baromètre une ligne plus bas qu'au niveau du terrein, c'eſt-à-dire, à $28^{po.}\ 0^{li.}\ \frac{1}{2}$, il auroit fallu s'élever de 12,3823 toiſes ou de $74{,}2938^{pi.}$ (1) : hauteur d'air qui

---

(1) Les logarithmes de $28^{po.}\ 1^{li.}\ \frac{1}{2}$ & $28^{po.}\ 0^{li.}\ \frac{1}{2}$, ces hauteurs du baromètre étant réduites en lignes, ſont

doit par conséquent faire équilibre à une ligne de mercure.

Il ne s'agit donc plus que de la pesanteur spécifique que nous devons attribuer au mercure lui-même ; & il faut convenir que pour l'usage que nous en devons faire, cette détermination demanderoit les expériences les plus délicates. Mais tant que ce travail intéressant manquera encore à la physique, il faudra toujours en revenir aux tables de pesanteurs spécifiques, données par les auteurs le plus en réputation d'exactitude ; & je trouve, en parcourant ces tables, que pour le mercure révivifié du cinabre, qu'on emploie ordinairement dans les baromètres, & dont l'ébullition, nécessaire à la perfection de cet instrument, augmente encore la densité, en chassant les parcelles d'air & d'humidité qui se trouvent interposées dans ce fluide, on ne peut porter sa pesanteur spécifique à moins de 13,996, celle de l'eau étant exprimée par 1. Divisant donc cette expression par le nombre de lignes contenues dans 74,2938 pieds, on aura la

---

2,528274 & 2,526985, dont la différence est 0,001289. Divisant donc cette différence par 0,0001041, que nous avons pris pour module barométrique, on aura le nombre de toises de la hauteur qu'on cherche, égal à 12,3823.

pesanteur spécifique de l'air égale à 0,001308 : résultat qu'une marche plus rigoureuse porte à 0,00131 (1). Cette formule différemment traduite, revient à dire que dans la question présente, & pour la hauteur du baromètre ci-dessus mentionnée, nous devons considérer la pesanteur spécifique de l'air à la surface de la terre, comme étant à-peu-près $\frac{1}{763}$ partie de celle de l'eau, & le pied cube d'air pesant à-peu-près 840 grains. Cette valeur de la densité primitive de l'air étant donc substituée dans l'expression générale que nous avons trouvée pour une hauteur quelconque, il ne reste plus rien à déterminer à cet égard, & la densité de l'air se trouve maintenant connue à quelqu'élévation que ce soit.

Je sais que ce résultat paroîtra un peu fort,

---

(1) Tout ce raisonnement n'est en effet que l'expression grossière de celui duquel nous avons déduit ci-devant la formule $\varphi = \omega \times \frac{\beta}{a} \times m$, qui exprime la densité de l'air. Faisant, dans cette expression, ω, densité du mercure $= 13,996$; a, soutangente du systême des logarithmes ordinaires $= 0,434294$; m, module barométrique $= 0,0001041$; & β hauteur du baromètre $= 28^{po.}\ 1^{li.}\ \frac{1}{2} = 0,3906$ toises, on aura $\varphi = 0,001310$; expression dans laquelle une unité du dernier ordre ne feroit pas un grain de différence sur le poids du pied cube d'air.

& je conviens qu'étant pris à la lettre, il s'éloigne à un certain point de ce que l'opinion générale, plutôt qu'une détermination rigoureuſe, a conſacré depuis long-tems; mais il faut faire attention, que l'objet actuel étant d'établir pour l'évaluation des denſités de l'air à toutes ſortes de hauteurs, une ſorte de loi moyenne, dont les différences, par rapport à la loi réelle & inconnue, ſe compenſent ſur une certaine étendue; il ne ſeroit pas étonnant qu'en l'appliquant à un cas extrême, tel que celui de l'air pris au point le plus bas de l'atmoſphère, elle ne donnât pas rigoureuſement la valeur propre à ce cas particulier. J'ajouterai que cela eſt même néceſſaire, & que plus le module barométrique peut s'écarter dans certains cas du nombre conſtant par lequel nous l'avons repréſenté, plus auſſi l'erreur que nous ſoupçonnons doit être conſidérable, pour que la ſomme des erreurs ſoit la moindre poſſible, ou même tout-à-fait nulle : & il eſt aiſé de démontrer que la valeur que nous avons trouvée pour la denſité primitive, eſt préciſément celle qui convient à l'objet de cette conſidération (1). L'erreur

---

(1) Il faut en effet que l'hypothèſe admiſe ne change pas la ſomme des poids de toutes les tranches de l'at-

réelle dont cette détermination peut être ſuſceptible, eſt donc tout-à-fait indifférente pour l'uſage que nous avons à en faire. Mais comme il nous reſte encore une donnée bien eſſentielle à connoître en rigueur ; ſavoir, le poids abſolu du mobile dont nous voulons calculer la marche, & que la détermination de ce poids dépend uniquement de celui de l'air que déplaçoit le Globe, quand il tendoit à s'élever avec une force de 35 livres, ſeule

---

moſphère, & qu'en l'employant pour déterminer cette ſomme, elle ſe trouve égale au poids de la colonne de mercure, qui étoit ſoutenue par la preſſion de l'air, d'après l'obſervation qui en a été faite. Or, D étant la denſité primitive, que nous ſuppoſerons encore inconnue, une denſité quelconque ſera, comme nous avons vu, $\varphi = \frac{D}{(10)^{ms}}$; & l'expreſſion $\int (\varphi ds)$ repréſentera la ſomme des poids de toutes les tranches ; β étant donc toujours la hauteur du baromètre, & ω la denſité du mercure, on aura par conſéquent $\int(\varphi ds) = \omega\beta$; mais en réaliſant, par l'intégration, la formule $\int(\varphi ds)$, après avoir mis pour φ ſa valeur, déterminant la conſtante de manière que l'intégrale s'évanouiſſe, quand $\int = 0$ & la complettant quand $\int = \infty$, on trouvera $\int(\varphi ds) = \frac{aD}{m}$; donc $\frac{aD}{m} = \omega\beta$ & $D = \frac{\omega\beta m}{a}$; valeur de la denſité primitive, qui revient préciſément à celle que nous avons ci-deſſus déterminée par une autre voie.

donnée que nous ayions à cet égard, cette matière va demander encore un examen ultérieur.

Ce n'eſt donc plus en comparant des obſervations faites à toutes ſortes de hauteurs, que nous avons à chercher l'état moyen de l'air, pour aſſigner quel eſt le module barométrique qui conviendroit le mieux à toute l'étendue de la courſe du Globe aéroſtatique; c'eſt de la denſité de l'air à la ſurface de la terre que nous avons ſpécialement beſoin, & ce ſont par conſéquent les obſervations faites à de très-petites élévations, que nous devons uniquement conſulter ici; mais je remarque en même-tems que la moindre erreur eſt bien importante dans des obſervations de ce genre, & qu'une variation du baromètre preſqu'inſenſible à l'œil le plus exercé, peut apporter alors des différences notables au réſultat que nous cherchons. Je ne ferai donc point uſage des obſervations en petit nombre, faites à Turin par M. de Luc, tant au ſommet qu'au pied, de la tour de la Cathédrale, & du dôme de l'égliſe de Supergue; celles qu'il a faites au fanal de Gênes, quoique plus multipliées, ne me paroiſſent pas non plus devoir être employées ici; à raiſon de la chaleur aſſez conſidérable qu'il faiſoit alors, & de la ſituation du lieu ſur le bord de

la mer : ces caufes réunies ont dû mettre l'air dans un état de faturation complette par rapport à l'humidité, indépendamment de l'effet de la température feule fur la denfité de ce fluide ; & fa pefanteur, confidérablement diminuée ainfi par une double raifon, rendroit auffi beaucoup trop foible le module barométrique qu'on voudroit en conclure. Mais j'ai penfé que 87 obfervations, faites pendant une année entière au clocher de S. Pierre de Genève, réuniffoient, par leur nombre & par la diverfité des circonftances où elles ont eu lieu, toutes les conditions que l'on doit défirer ici. Or, la moyenne de ces obfervations, que M. de Luc nous a donnée lui-même, fournit précifément le même module barométrique que nous avons adopté ci-devant, jufqu'à la dernière figure décimale (1).

---

(1) Cet accord fingulier mérite d'être plus particulièrement expofé ici. On trouve en effet au fecond volume de l'immortel ouvrage de M. de Luc fur les modifications de l'atmofphère, pages 138 & 139, que les hauteurs moyennes du baromètre au fommet du clocher de S. Pierre de Genève, & au niveau du terrein, dans un endroit peu diftant de cette églife, ont été, fur 87 obfervations, de 321,2 lignes, & 323,9 lignes. Les logarithmes de ces nombres font 2,506776 &

La densité de l'air à la surface de la terre paroît donc devoir être admise, telle que nous l'avons établie ci-devant, au moins pour la température moyenne de 9 $\frac{1}{2}$ degrés du thermomètre ordinaire, que M. de Luc a trouvée tenant le milieu entre toutes celles qu'il a observées pendant le cours de ces expériences. Il est encore à présumer que c'est à l'état moyen de l'air, relativement à l'humidité, que cette détermination doit convenir, puisque les observations que nous venons de citer, ont été faites dans toutes les saisons de l'année ; & si l'on comptoit même pour quelque chose le voisinage d'un amas d'eaux, tel que le lac de Genève, on pencheroit plutôt à y supposer

---

2,510411 ; & leur différence est 0,003635. Divisant donc cette différence par celle de niveau des deux lieux d'observation, que M. de Luc a trouvée, d'après une mesure très-exacte, de 209 pi. 6 po., ou 34,916 to., on aura le module barométrique égal à 0,00010410 ; valeur qui étant poussée comme on voit à une décimale de plus que celle que nous avons adoptée ci-dessus, quadre cependant rigoureusement avec elle. Une telle conformité avec un cas où l'air étoit si voisin du tempéré, montre encore que cette valeur convient parfaitement à l'usage pour lequel nous l'avons d'abord déterminée, & qu'elle exprime très-exactement l'état moyen le plus probable de l'atmosphère.

l'air plus voiſin de l'humidité extrême que de la ſéchereſſe, & cette conſidération conduiroit à faire regarder l'évaluation de la denſité de l'air qui dérive de ces expériences, comme encore un peu trop foible pour les circonſtances ordinaires. Il paroît réſulter de cet examen ſcrupuleux de la denſité de l'air, qu'en ne la portant qu'à $\frac{1}{850}$ ou même à $\frac{1}{800}$ partie de celle de l'eau, on l'a toujours crue trop foible : ou il faudroit une erreur étrange ſur la denſité du mercure lui-même, dans la valeur que nous lui avons attribuée.

Si l'on admet donc le réſultat que nous avons trouvé pour la denſité de l'air atmoſphérique, la détermination du poids abſolu du Ballon aéroſtatique va devenir bien ſimple. Etabliſſons-en pour cela les dimenſions, d'après la meſure & les renſeignemens qu'en ont donnés MM. Robert, avec autant de préciſion ſans doute qu'ils en ont mis à l'exécution même de la Machine. Pour la commodité du calcul, les fractions ſeront exprimées en décimales.

Diamètre du Ballon $12^{pi.}$ $2^{po.}$
ou . . . . $12{,}166^{pi.}$
Circonférence . . . . $38{,}222^{pi.}$
Superficie d'un grand cercle du
Globe . . . . $116{,}260^{pi.\ quar.}$
Surface entière du Globe. . . . . $465{,}041^{pi.\ quar.}$

Solidité . . . . 943,041 pi.cub.

Poids d'un volume d'eau égal à celui du Ballon, le pied cube d'eau peſant 70 ℔ . . . . 66012,917 l.

Poids du volume d'air déplacé par le Ballon, la denſité de l'eau étant repréſentée par 1 & celle de l'air par 0,00131 . . . 86,477 l.

Poids des matériaux du Ballon, non compris le gaz qu'il renfermoit . . . . 25,000 l.

Excès de légèreté du Ballon, un inſtant avant ſon départ 35,000 l.

Connoiſſant donc maintenant le poids de l'air atmoſphérique que le Ballon déplaçoit, c'eſt-à-dire, la force abſolue qui tendoit à le ſoulever, nous en déduirons bien facilement le poids réel de la Machine, puiſqu'ajouté aux 35 # qu'il falloit pour la maintenir en équilibre, il doit être égal à la force que nous venons de déterminer. Ce poids total, qui comprend, & celui des matériaux du Ballon, & celui du gaz qu'il contenoit, ſe trouve par ce moyen de 51,477 l.

Souſtrayant donc encore de ce nombre le poids des matériaux du Globe, qui étoit de 25 livres, on aura à part celui du gaz lui-même, ou plutôt du mélange de gaz inflammable &

d'air ordinaire qui rempliſſoit cette Machine, & il ſe trouvera de 26,477 livres : nombre qui, par ſa comparaiſon avec le poids d'un pareil volume d'air atmoſpérique, que nous avons déterminé de 86,477 livres, indique le rapport des peſanteurs ſpécifiques des deux airs, & montre qu'il y a beaucoup à rabattre ſur l'opinion que l'on avoit de la légèreté du gaz intérieur, puiſque ſon poids eſt preſque le tiers de celui de l'air ordinaire.

On pourroit mettre plus de rigueur encore à l'appréciation de ces différens poids, en faiſant entrer la température réelle de l'air dans la détermination de ſa denſité : celle que nous avons admiſe, convient, comme on l'a vu, à une chaleur moyenne de 9 $\frac{1}{2}$ degrés, c'eſt-à-dire, à-peu-près au tempéré; au lieu qu'en conſultant le journal de Paris, on trouve que le 27 Août, le thermomètre ſe tenoit à 18 degrés : c'eſt une circonſtance qui doit ſans doute influer ſur la denſité de l'air, & il ſeroit intéreſſant de ſavoir juſqu'à quel point. Nous n'avons cependant pas d'obſervations particulières à conſulter pour cette température, ou s'il falloit parcourir & calculer pour cet objet, le recueil entier des obſervations de M. de Luc, ce ſeroit un travail tout auſſi conſidérable, que celui qu'il a eu le courage

d'entreprendre

d'entreprendre & d'exécuter. Mais il nous l'a épargné lui-même, & sa règle de correction pour le calcul des hauteurs, qui en est le résultat, indiquant, pour chaque température, le rapport qui se trouve entre la différence des logarithmes & la différence de niveau, nous fournit une formule générale, pour calculer le module barométrique, & par conséquent, la densité de l'air (1). Appliquée au cas présent, cette formule donne

(1) Cette application du travail de M. de Luc à un objet aussi intéressant pour la physique, que l'est la détermination de la densité de l'air, à toutes sortes de températures, mérite, ce me semble, d'être développée ici : mais comme la règle dont nous nous appuyons est fondée sur une graduation particulière du thermomètre, il faut montrer d'abord le rapport de cette échelle à celle qui est connue & usitée.

	Echelle du thermomètre ordinaire.	Echelle du thermomètre de M. de Luc.
Terme de la congélation	0	—39
Température pour laquelle la différence des logarithmes donne immédiatement les hauteurs	$16\frac{3}{4}$	0
Terme de l'eau bouillante	80	147

Il résulte de cette comparaison des deux échelles, que si l'on nomme r, le degré marqué pour une température quelconque, par le thermomètre ordinaire, & c, le degré correspondant du thermomètre de M. de Luc, on aura,

le module barométrique égal à 0,00009942, & la denſité de l'air ſous la preſſion de 28 pouces 1 ligne $\frac{1}{2}$ de mercure, de 0,00125. Calculant

---

$c = 39 \times \left(\frac{r}{16\frac{3}{4}} - 1\right) = \frac{39\,(4r-67)}{67}$; cela poſé, la règle de M. de Luc exprimée algébriquement par lui-même, p. 100 du II volume de ſon ouvrage, fournit la formule ſuivante : $h = b + \frac{b \times 2c}{1000}$, dans laquelle h eſt la différence de niveau de deux ſtations quelconques, b la différence des logarithmes des deux hauteurs du baromètre, conſidérée comme des millièmes de toiſe, & c le degré de ſon thermomètre, qui exprime la température de l'air. Or, les logarithmes étant pris par cet auteur, avec ſept figures décimales, & leur différence regardée comme exprimant des millièmes de toiſe, pour former le nombre b, il en réſulte que, ſi l'on nomme d, la vraie différence des logarithmes, on aura $b = d \times 10000$; mettant donc pour b & pour c, leurs valeurs dans l'équation de M. de Luc, elle deviendra : $h = d \times \left\{\frac{670000 + 780 \times (4r-67)}{67}\right\}$; & comme le module barométrique eſt égal à $\frac{d}{h}$, en le nommant m, on aura $m = \frac{67}{670000 + 780 \times (4r-67)}$; valeur, qui, ſubſtituée dans celle de la denſité de l'air que nous avons trouvée être $\varphi = \frac{\omega \beta m}{a}$, donne : $\varphi = \frac{\omega \beta}{a} \times \left\{\frac{67}{670000 + 780 \times (4r-67)}\right\}$; expreſſion dans laquelle ω eſt la denſité du mercure, β la

donc de nouveau les poids déterminés ci-devant, nous trouverons celui de l'air déplacé par le Ballon, réduit à 82,516 livres, le poids

---

hauteur du baromètre, a la soutangente du système des logarithmes ordinaires ; & r le degré du thermomètre qui convient à la température. Cette formule donne donc la densité de l'air, dans tous ses états possibles de pression & de chaleur, au moins entre les bornes des températures naturelles.

Cette formule au reste, dépendant entièrement de la généralité de la règle de M. de Luc, est exposée aux mêmes erreurs : si, par exemple, on la rapporte au cas où la température est au terme de $9\frac{1}{2}$ degrés, qui convient aux observations faites à Saint-Pierre de Genève, elle donnera le module barométrique, un peu plus foible que ces observations ne l'ont fourni directement. Cela vient de ce que la règle dont il s'agit, résultant à la fois d'observations faites à toutes sortes de hauteurs, se sent un peu de la nature de l'air des régions supérieures, toujours plus chargé d'humidité, & sur-tout contenant une plus grande proportion d'air inflammable. Il auroit fallu tenir compte à part de ces circonstances, mieux connues aujourd'hui, pour établir une règle générale & rigoureuse ; mais ces imperfections n'empêchent pas que le travail de M. de Luc ne soit un des plus beaux morceaux de *physique exacte*, qui aient paru depuis long-tems ; & d'ailleurs les erreurs de sa règle, quelquefois assez sensibles, quand il s'agit de mesurer des hauteurs considérables, sont de peu d'importance sur le résultat auquel nous avons voulu l'appliquer.

Il résulte des formules établies ci-devant que, pour

absolu du Ballon lui-même, de 47,516 livres & le poids du gaz contenu, de 22,516 livres. Ces différens poids sont donc affectés d'une diminution d'environ 4 livres, & quant aux pesanteurs comparées des deux airs, quoiqu'elles soient diminuées l'une & l'autre de la même quantité, leur rapport a cependant un peu varié lui-même; mais le mêlange de gaz inflammable & d'air atmosphérique, qui remplissoit le Ballon, se trouve toujours plus pesant que le quart d'un pareil volume d'air extérieur (1).

---

la température de 18 degrés, qui est celle du cas que nous traitons, le module barométrique est à-peu-près égal à 0,00009942, & d'après la hauteur du baromètre observée de 28 pouces 1 $\frac{1}{2}$ ligne, ou de 0,3906 toises, la densité de l'air étoit 0,001251.

(1) Il paroît, par le rapport de pesanteur établi ici entre les deux airs, que l'air atmosphérique introduit dans le Ballon, avec un soufflet, quelque tems avant son départ, n'est pas ce qui a le plus contribué à augmenter le poids du fluide aériforme, que contenoit la Machine : car, j'ai oui dire à M. Robert lui-même, qu'il n'y avoit eu que 16 pieds cubes d'air introduits de cette manière ; au lieu qu'en considérant le rapport qui vient d'être déterminé, & s'autorisant des expériences extrêmement précises, qui assignent à l'air inflammable pur la huitième partie au plus, du poids de

Il paroîtroit donc plus exact de préférer le résultat déterminé en dernier lieu pour le poids absolu de la Machine aérostatique ; mais une nouvelle source d'incertitude, qui tient aux circonstances conjurées pour jetter de l'obscurité sur toutes les parties de l'expérience que nous examinons, semble devoir déconcerter entiérement le plan d'exactitude dans lequel nous cherchons à faire cet examen : il pleuvoit en effet quand le Ballon s'est élevé, & cette pluie a dû produire sur son mouve-

---

l'air ordinaire, on trouve que la Machine aérostatique auroit dû contenir au moins 159 pieds cubes d'air atmosphérique, sur 784 d'air inflammable. C'est donc aux imperfections inévitables de la manœuvre, par laquelle la Machine a été remplie, peut-être aussi à l'air fixe & à l'air acide sulfureux, qui se seront dégagés en même-tems que l'air inflammable, qu'il faut attribuer la pesanteur inattendue du gaz qui a servi à cette expérience. Il faut d'ailleurs mettre une partie du poids, dont la détermination donne lieu à ces réflexions, sur le compte de l'eau & même de la limaille de fer, que l'effervescence violente du mélange a portées jusques dans le Ballon, & alors le gaz lui-même devenant plus léger d'autant, il paroît qu'on peut estimer sa pesanteur spécifique, au quart de celle de l'air extérieur. C'est donc ce rapport que nous admettrons par la suite.

ment deux effets presqu'incalculables ; le premier en lui opposant une résistance de plus par le choc des gouttes d'eau qui le frappoient ; l'autre en mouillant le mobile d'une couche d'eau qui ajoutoit d'autant plus à son poids, que sa surface étoit plus considérable. Cherchons cependant à nous faire au moins une idée grossiere de la maniere d'agir de cette cause accidentelle.

M. Jeaurat, qui fait régulièrement les observations météorologiques, dont l'usage est depuis long-temps établi à l'Observatoire royal, m'ayant communiqué son journal, j'y trouve que la pluie dont il s'agit a fourni deux lignes neuf dixiémes d'eau, effet qui a été produit pendant une demi-heure à-peu-près qu'a duré cette pluie, & qui fait voir, quand on ne le sauroit pas d'ailleurs, qu'elle a été considérable. Si l'on considère maintenant cette pluie comme également disséminée dans l'atmosphère, & y formant une sorte de fluide rare, dont le mouvement vers la terre y accumuloit successivement la quantité d'eau qui a été mesurée ; & si l'on calcule à-peu-près la vîtesse avec laquelle ce fluide descendoit, on aura l'épaisseur totale de la masse de pluie qui a été nécessaire pour produire les 2,9 lignes d'eau, & par conséquent le rapport

de la denſité de ce fluide rare avec celle de l'eau elle-même : nous verrons par-là ſi la réſiſtance, que la pluie apportoit au mouvement du Ballon, mérite d'entrer en conſidération. Or, on peut évaluer la vîteſſe deſcenſionelle d'une pluie de moyenne groſſeur entre 23 ½ & 29 pieds par ſeconde (1). Mul-

---

(1) Soit d le diamètre d'une goutte de pluie, que nous ſuppoſerons ſphérique, π le rapport de la circonférence au diamètre, ϵ la peſanteur ſpécifique de l'eau, le poids de cette goutte de pluie ſera $\frac{\pi d^3 \epsilon}{6}$; ſi l'on nomme u ſa vîteſſe diſcenſionelle, g la vîteſſe imprimée par la peſanteur en une ſeconde, φ la denſité de l'air, & qu'on adopte ſur la réſiſtance de l'air, les hypothèſes reçues; ſavoir, que contre une ſurface plane, elle eſt égale au poids d'une colonne d'air de même baſe, dont la hauteur ſeroit double de celle due à la vîteſſe, & que contre une ſphère, elle eſt les deux cinquièmes de celle qui auroit lieu contre le grand cercle, on aura la réſiſtance de l'air contre la goutte d'eau, égale à $\frac{\pi d^2 u^2 \varphi}{10 g}$. Cela poſé, la deſcente d'un corps grave dans l'atmoſphère, s'accélérant juſqu'à ce que la réſiſtance de l'air devienne préciſément égale à ſon poids, il doit bientôt prendre une vîteſſe uniforme, telle que cette égalité ait lieu; on doit donc avoir l'équation $\frac{\pi d^3 \epsilon}{6} = \frac{\pi d^2 u^2 \varphi}{10 g}$; d'où l'on tire $u^2 = \frac{5 g d \epsilon}{3 \varphi}$. Or, on

tipliant donc le plus petit de ces deux termes par le nombre de secondes contenues dans une demi-heure, on aura l'épaisseur de la masse de pluie qu'il a fallu pour produire 2, 9 lignes d'eau, de quarante-deux mille trois cens pieds au moins. La densité du fluide rare que la pluie formoit dans l'atmosphère, étoit donc à celle de l'eau dans le rapport excessivement petit de 2, 9 lignes à 42300 pieds, & se trouve exprimée par la fraction 0,000000476; ce qui donne cette densité plus de deux mille six cens fois moindre que celle que nous avons trouvée dernièrement pour l'air lui-même. Il résulte de ce calcul que le choc des gouttes de pluie sur le Globe aérostatique, n'a pu occasionner à son mouvement la plus légere différence; mais il n'en est pas de même de l'augmen-

---

a $g = 30,2$ pieds; $\varepsilon = 1$; $\varphi = 0,00125$; & quant au diamètre d'une goutte de pluie, qui est représenté par d, nous le supposerons de 2 lignes ou $\frac{1}{72}$ de pied. Substituant ces valeurs dans l'équation ci-dessus, on aura $u^2 = 559,2592$; & $u = 23,64$ pieds. Si l'on prenoit $d = 3$ lignes ou $\frac{1}{48}$ de pied, on trouveroit $u^2 = 838,8888$, & $u = 28,96$ pieds. C'est donc aux environs de ces deux termes, qu'il faut prendre la vîtesse descensionelle d'une pluie qui n'est pas très-menue.

tation de poids qu'il a reçue de la part de l'eau dont il s'est chargé.

Il seroit difficile de savoir au juste combien de temps le Ballon est resté exposé à la pluie, avant de s'élever au-dessus du nuage qui la fournissoit : mais, en consultant le journal de M. d'Agelet, on trouve que la pluie s'est fait sentir à 5 heures $4^{m.}$ $53^{s.}$, $10^{s.}$ environ avant l'occultation du Globe, qui a été revu ensuite à 5 heures $7^{m.}$, sous un angle de trente-trois degrés. C'est donc dans cet intervalle de $2^{m.}$ $7^{s.}$, au bout duquel le mobile étoit évidemment sorti du nuage, qu'il faut chercher le tems pendant lequel il a éprouvé la pluie. Or si l'on fait attention qu'au moment où le mobile ayant traversé le nuage entier, a quitté sa surface supérieure, ce rideau épais devoit encore le dérober à nos yeux, & qu'il a fallu quelque temps pour que son ascension continuée, jointe au mouvement progressif de cette masse de vapeurs, suivant la direction du vent, permît enfin à l'observateur de découvrir obliquement le Globe par-dessus la queue du nuage, on verra qu'il y a beaucoup à réduire sur le court espace de temps que nous venons de trouver, & que le Ballon avoit peut-être abandonné la pluie depuis un grand nombre de secondes quand M. d'Agelet l'a revu. Con-

ſidérant donc encore qu'il recevoit d'autant moins d'eau, qu'il pénétroit plus avant dans le nuage, puiſqu'il laiſſoit ſucceſſivement au-deſſous de lui les vapeurs qui la fourniſſoient, & qu'on trouve, en cherchant à calculer à-peu-près cette diminution ſucceſſive, qu'elle peut réduire la quantité totale de pluie dont le Ballon s'eſt chargé, à la moitié de celle qu'il auroit reçue, s'il eût été immobile (1); on pourra

---

(1) Soit e l'épaiſſeur du nuage, T le tems employé à le traverſer, u la vîteſſe aſcenſionelle, que nous ſuppoſerons conſtante, m la maſſe d'eau que le Ballon auroit reçue pendant le tems T, s'il eût été immobile; μ celle qu'il a reçue réellement, x la portion de l'épaiſſeur du nuage traverſée après une partie quelconque du tems T, dt l'élément du tems; $e - x$ ſera l'épaiſſeur de la partie du nuage ſupérieure au Ballon, à l'inſtant que nous conſidérons. Si donc on regarde les quantités de pluie, fournies en même-tems par les différentes couches du nuage, comme proportionnelles à leur épaiſſeur, on aura celle que le Globe a reçue pendant l'élément du tems, ou $d\mu = \frac{m(e-x)\,dt}{eT}$; & mettant pour dt, ſa valeur $\frac{dx}{u}$; $d\mu = \frac{m(e-x)\,dx}{eTu}$; intégrant donc, déterminant la conſtante de manière que $x = 0$ donne $\mu = 0$, & que l'intégrale ſoit complette, quand $x = e$, on aura $\mu = \frac{me}{2Tu}$, & à cauſe de $Tu = e$, $\mu = \frac{m}{2}$: quantité, moitié moindre que m, ainſi qu'on l'a ſuppoſé.

tout au plus eſtimer le poids ajouté ainſi au Ballon, comme s'il fût reſté une minute expoſé à la pluie qui tomboit ſur la terre : intervalle trente fois moindre que la durée totale, & pendant lequel il a dû par conſéquent tomber tout au plus un dixiéme de ligne d'eau. Le Ballon en ayant donc reçu autant que l'eſpace de terrein qu'il couvroit à chaque inſtánt, le ſolide d'eau dont il s'eſt chargé a pour baſe la ſurface même de l'équateur du Globe, que nous avons calculé de 116,26 pieds quarrés, & pour hauteur le dixiéme de ligne dont nous venons de convenir. Ce ſolide ſe trouve égal à la fraction 0,0807 de pied cube, qui, à raiſon de 70 livres par pied cube d'eau, peſe 5,649 livres, ou 5 livres & demie à-peu-près. Voilà ce dont la pluie peut avoir augmenté le poids du Globe aéroſtatique.

Il eſt au reſte inutile de répéter ici que ce calcul n'a pu fournir qu'un apperçu très-groſſier de l'effet dont il s'agit ; & cette augmentation de poids s'étant faite graduellement, il ſeroit encore fort difficile de déterminer en rigueur comment elle a pu influer ſur le mouvement du Globe ; mais nous voyons au moins que cette altération ne doit pas être très-ſenſible ſur un poids total d'environ 50

livres, & qu'elle eſt à-peu-près de même ordre que la différence de 4 l., apportée au calcul de ce poids par les deux déterminations que nous avons ſucceſſivement préſentées ſur la denſité de l'air. Ce ſera donc une maniere approchée de tenir compte de l'effet de la pluie, que d'adopter celle de ces deux évaluations qui augmente le plus la peſanteur du Globe. Nous conſerverons donc nos premieres données, que nous allons rappeller ici.

Module barométrique 0,001041
Denſité de l'air à la ſurface de
la terre. 0,00131
Poids total du Ballon . . . . 51,477 livres.

Il ne nous manque plus, pour être en état de calculer le mouvement du Globe aéroſtatique, que de convenir de la loi que nous admettrons pour la réſiſtance que l'air a dû lui oppoſer à chaque inſtant, & qui dépend de deux élémens continuellement variables, ſavoir, la denſité de l'air, & la vîteſſe du mobile. Nous ne pouvons à cet égard qu'adopter ce que la théorie & l'expérience ont indiqué de plus conforme à la nature, & ce ſont les hypothèſes ſuivantes.

1°. Que pour une denſité donnée de l'air, la réſiſtance contre une ſurface plane & mobile, eſt à-peu-près égale au poids d'une co-

lonne de ce fluide, de même baſe que la ſurface dont il s'agit, & d'une hauteur égale au double de celle dont un corps grave devroit tomber pour acquérir la même vîteſſe avec laquelle ſe meut la ſurface propoſée.

2°. Que contre une ſphère, la réſiſtance eſt égale aux deux cinquiémes de celle qu'éprouveroit le grand cercle, animé de la même vîteſſe (1).

---

(1) La première de ces loix fait la réſiſtance de l'air proportionelle au quarré de la vîteſſe, conformément à la théorie élémentaire ; mais les auteurs ont beaucoup varié ſur la quantité abſolue. Celle que nous avons adoptée, ſe rapproche le plus de la théorie donnée par M. d'Alembert, dans ſon beau Traité des Fluides ; elle a d'ailleurs été confirmée par un grand nombre d'expériences, entr'autres, par celles qu'a faites M. l'abbé Boſſut, à Mézières, ſur la percuſſion des fluides. La ſeconde hypothèſe que nous adoptons, dépendant de la conſidération des chocs obliques, ne ſe trouve pas conforme à la théorie ordinaire, qu'on ſait être fautive à cet égard ; mais j'ai préféré d'adopter ſur le choc des fluides contre les corps ſphériques, ce que nous apprennent les expériences très-nombreuſes de M. le chevalier de Borda.

Il résulte de ces hypothèſes, que, φ étant la denſité de l'air, u la vîteſſe du Globe, A la ſurface de ſon grand cercle, & g la vîteſſe imprimée par la peſanteur en une ſeconde, on a la réſiſtance de l'air exprimée par 70 liv. $\times \frac{2 A \varphi u^2}{5 g}$; valeur qui ſe trouve mul-

Ce ſont principalement ces hypothèſes que le travail actuel a pour objet de vérifier, en mettant les réſultats qu'elles fourniront, en comparaiſon avec ceux de l'obſervation.

La queſtion du mouvement du Globe aéroſtatique n'eſt donc plus maintenant qu'un problême de calcul dont il nous reſte à nous occuper : quoique fort compliquée par les variations qu'éprouvent en même tems la tendance du mobile à monter, & la réſiſtance de l'air, elle eſt cependant ſuſceptible d'être extrêmement ſimplifiée à l'aide de quelques conſidérations qui m'ont ſervi à éluder les difficultés de l'analyſe. Mais j'ai cru devoir renvoyer ce détail, ainſi que tous ceux de même eſpece, dans des notes à part qui n'interrompent point la ſuite de cette lettre (1); & je

---

tipliée par le poids d'un pied cube d'eau, parce que la denſité φ eſt priſe pour le cas où celle de l'eau eſt l'unité. Si donc on repréſente la réſiſtance de l'air par $b\,\varphi\,u^2$, on aura, en mettant pour A & pour g leurs valeurs, $b = 107,791$.

(1) Soit p, le poids abſolu du Ballon, que nous ſavons être de 51,477 livres; Υ, le poids d'un pareil volume d'eau que nous avons déterminé de 66012,917 l.; φ, la denſité variable de l'air, celle de l'eau étant exprimée par 1; D, la denſité de l'air à la ſurface de la terre, que nous nous ſommes déterminés à prendre

me hâte, Monſieur, d'en venir au point eſ-

égale à 0,00131, le baromètre étant à 28 pouc. 1 lig. $\frac{1}{2}$; u, la vîteſſe variable du mobile, exprimée par le nombre de pieds qu'elle peut lui faire parcourir en une ſeconde; b, une conſtante telle que l'expreſſion générale de la réſiſtance de l'air ſoit $b \varphi u^2$: cette conſtante a été déterminée, par la note précédente, égale à 107,791; g, la vîteſſe acquiſe par les corps graves, pendant la première ſeconde de leur chûte, qu'on ſait être égale à 30,2 pieds par ſeconde; m, le module barométrique, ou le quotient conſtant, qu'on doit avoir en diviſant la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre, pris dans les tables ordinaires, par la différence de niveau des deux lieux auxquels elles appartiennent, exprimée en toiſes; dans la queſtion préſente, nous avons pris ce nombre égal à 0,0001041; μ, le même quotient, en évaluant en pieds, les différences de niveau, & prenant les logarithmes hyperboliques; donc, ſi l'on nomme a, la ſoutangente du ſyſtême des logarithmes ordinaires, qui eſt 0,434294, on aura $\mu = \frac{m}{6a} = 0,00003995$; f, la hauteur du mobile à chaque inſtant, exprimée en pieds; ψ, la force accélératrice, exprimée en livres; t, le tems écoulé à chaque inſtant, depuis le départ du Globe, exprimé en ſecondes. Nous déſignerons les logarithmes ordinaires par l'indice *Log.*, & les logarithmes hyperboliques par *log.*

Rappellons avant toute choſe, la relation qui exiſte entre les hauteurs & la denſité de l'air, & exprimons-la par une équation propre au calcul actuel : elle eſt donnée

ſentiel qui a occaſionné tout ce travail; le

---

par la formule $\mu = \frac{log. D -- log. \varphi}{ſ}$; nommant donc e le nombre dont le logarithme hyperbolique eſt l'unité, on aura $\varphi = \frac{D}{e^{\mu s}}$; $ſ = \frac{log. \left(\frac{D}{\varphi}\right)}{\mu}$; & $d ſ = - \frac{d \varphi}{\mu \varphi}$.

Cela poſé, on a conſtamment la force accélératrice du mobile égale au poids de l'air déplacé, moins le poids abſolu du mobile lui-même, moins encore la réſiſtance de l'air. C'eſt ce qu'exprime l'équation ſuivante :

$$(A) \quad \psi = \Upsilon \varphi - p - b \varphi u^2.$$

On en tire $u^2 = \frac{\Upsilon \varphi - p - \psi}{b \varphi}$; & $u d u = \frac{(p + \psi) d \varphi - \varphi d \psi}{2 b \varphi^2}$;

Mais les formules connues du mouvement varié donnant $g \psi d ſ = p u d u$, on trouve, en égalant la nouvelle valeur qui en réſulte pour $u d u$, avec la première, une équation qui, après avoir mis pour $d ſ$, ſa valeur $- \frac{d \varphi}{\mu \varphi}$; & réduiſant, deviendra :

$$(\mu p^2 + \mu p \psi + 2 b g \varphi \psi) d \varphi - \mu p \varphi d \psi = 0;$$

équation différentielle entre la force accélératrice & la denſité de l'air.

Multipliant toute cette équation par une fonction de φ, qui la rende intégrable, & cette fonction étant nommée Φ, on aura, par les règles ordinaires des différentielles complettes : $\frac{d \Phi}{\Phi} = - \frac{2}{\mu p} \times \left\{ \frac{\mu p}{\varphi} \times b g \right\} \times d \varphi$;

tableau

tableau ſuivant, dans lequel j'ai mis de nou-

---

d'où l'on tire en intégrant $\Phi = \frac{1}{\frac{2bg}{\varphi^2 e^{\mu p}}}$; multipliant donc notre équation par cette quantité, & faiſant, pour abréger $\frac{2bg}{\mu p} = n$, elle devient :

$$\frac{p\, d\varphi}{\varphi^2 e^{n\varphi}} + \frac{\psi\, d\varphi}{\varphi^2 e^{n\varphi}} + \frac{n \psi\, d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} - \frac{d\psi}{\varphi e^{n\varphi}} = 0.$$

Je remarque, avant d'aller plus loin, que μ étant toujours un nombre très-petit, n eſt par conſéquent très-grand; on trouve en effet qu'en réaliſant ſa valeur pour le cas actuel, elle eſt ainſi $n = 3{\cdot}165843{,}389$; cette obſervation ſur un nombre qui affecte tous nos expoſans eſt importante.

Cela poſé, je trouve en différentiant la formule $\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}$, que l'on a : $\frac{d\varphi}{\varphi^2 e^{n\varphi}} = -d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) - \frac{n\, d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$; mettant donc dans notre équation cette expreſſion différentielle, ainſi transformée, elle deviendra :

$$-(p+\psi) \times d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) - \frac{d\psi}{\varphi e^{n\varphi}} - np \times \frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} = 0;$$

équation dont l'intégration tient à celle de la formule $\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$. Mais cette formule, qui en faiſant $\frac{1}{e^{n\varphi}} = x$, devient $\frac{dx}{log.\, x}$, eſt connue de tous les géomètres pour ne pouvoir être intégrée complettement, & malheureuſement les ſéries par leſquelles on a donné le moyen

veau les différentes hauteurs du Globe au

---

d'obtenir des valeurs approchées de cette intégrale, deviennent dans le cas préſent exceſſivement divergentes par la valeur conſidérable du nombre n qui rend x d'une petiteſſe extrême, & ſon logarithme preſqu'égal à l'infini négatif.

Pour éluder cette difficulté, je reprends de nouveau la différentielle de la quantité $\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}$, que je mets ſous cette forme : $d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) = -\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} \times \left(n + \frac{1}{\varphi}\right)$.

Or n étant toujours très-conſidérable par rapport à $\frac{1}{\varphi}$, la quantité $n + \frac{1}{\varphi}$ ne varie pas ſenſiblement. On peut donc mettre à ſa place une conſtante N, compriſe entre les deux valeurs de $n + \frac{1}{\varphi}$ qui conviennent aux points extrêmes de l'intégrale : il ſuit de-là que ſi l'on prend $N = n\,(1 + \nu)$, la quantité ν ſera compriſe entre les limites de $\frac{1}{n\varphi}$ & ſera par conſéquent dans tous les cas un nombre très-petit. Par cet artifice la formule $\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$ s'intègre ſans difficulté pour le cas préſent, & l'on a $\int\left(\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}\right) = -\frac{1}{n\,(1+\nu)\,\varphi e^{n\varphi}}$.

Intégrant donc notre équation avec les attentions

moment de chaque obſervation, préſente à

---

preſcrites pour les différentielles complettes, & déterminant la conſtante pour le premier inſtant de telle ſorte que $\varphi = D$, donne $\psi = \Upsilon D - p = 35$ liv. excès de légéreté du Ballon au premier moment, on en tirera :

$$\psi = \frac{\varphi e^{n\varphi}}{D e^{nD}} \times \left\{ \frac{\Upsilon D - p}{1 + \nu} \right\} - \frac{\nu p}{1 + \nu}$$ & négligeant ν

par rapport à l'unité, comme étant un nombre très-petit, cette valeur deviendra

$$(B)\ \psi = \frac{\varphi e^{n\varphi}}{D e^{nD}} \times (\Upsilon D - p) - \nu p;$$

Cette équation exprime à chaque inſtant la relation qui exiſte entre la force accélératrice du mobile & la denſité de l'air à la hauteur où il ſe trouve, & d'après ce qui précede, ν doit, pour chaque cas, être pris entre les limites $\frac{1}{nD}$ & $\frac{1}{n\varphi}$; mais comme le poids de la Machine étoit plus de la moitié de celui de l'air qu'elle déplaçoit dans ſa poſition la plus baſſe, il s'enſuit que φ ne peut jamais devenir égal à $\frac{D}{2} = 0{,}000655$, & qu'on aura toujours $\nu < \frac{1}{2073}$; on aura auſſi à cauſe de $\frac{1}{nD} = \frac{1}{4146}$, $\nu > \frac{1}{4146}$. L'ordre de petiteſſe de ν ſe trouve donc déterminé, & l'on voit que νp n'étant jamais égal à trois gros, tandis que p eſt de plus de 51 livres, doit diſparoître devant p. Examinons main-

côté de chacune les résultats de la théorie

tenant l'expression que nous venons de trouver pour la force accélératrice.

Or, on voit d'abord qu'au premier instant, où $\varphi = D$, on a, en négligeant νp, par rapport à p, comme nous l'avons déjà fait, $\psi = \Upsilon D - p$, valeur de l'excès de légèreté qui a été déterminée par l'observation. Il en résulte que, dans les premiers momens, ψ est une quantité positive, de même ordre que p. Mais en mettant l'expression de ψ sous cette forme $\psi = \frac{\varphi}{D e^{n(D-\varphi)}} (\Upsilon D - p) - \nu p$; il est visible en même-tems, qu'à cause de la grandeur du nombre n, la diminution de φ doit faire croître très-rapidement la formule $e^{n(D-\varphi)}$; puisqu'en supposant $D - \varphi = 0,00001$, on a déjà $e^{n(D-\varphi)} = 5611000000000$; il suit delà, que le premier terme de la valeur de ψ diminue bientôt au point de devenir négligible, même par rapport à νp, & qu'alors la force accélératrice est une quantité négative, de même ordre que νp lui-même. Reprenant donc l'équation (A), qui donne $\psi = \Upsilon D - p - b \varphi u^2$, on voit que ψ étant négligible par rapport à p, cette équation peut être changée en celle-ci :

$$(C) \quad 0 = \Upsilon \varphi - p - b \varphi u^2,$$

qui indique, sans erreur sensible, la relation qui existe continuellement entre la densité de l'air & la vîtesse actuelle du mobile.

Il est cependant à remarquer, que par une suite des considérations précédentes, cette équation ne sauroit

pour le même instant, & vous mettra à portée

convenir pour les premiers momens de la course du Globe, & cela est d'ailleurs évident par l'inspection de l'équation elle-même, puisqu'on en tire toujours, pour la vîtesse, une valeur finie, tandis qu'elle a dû d'abord être infiniment petite. Mais il est clair en même-tems, que cette équation commence à être vraie au moment où la résistance de l'air, devenue égale à la force d'ascension de la Machine, a détruit l'accélération du mouvement, qui, dès-lors, a été en diminuant de plus en plus, & par des degrés insensibles, jusqu'à son extinction totale, dans les hautes régions de l'atmosphère. C'est en ce moment, où l'accélération a cessé, que la force accélératrice est devenue rigoureusement nulle, avant de devenir négative, & ce point, très-intéressant à connoître, nous donnera en même-tems, la plus grande vîtesse qu'ait eu le mobile. Car, $\psi = \frac{p\,du}{g\,dt} = 0$, donne $du = 0$ & $u =$ maximum.

Reprenant donc l'équation (B) qui donne l'expression générale de la force accélératrice, on aura :

$$\psi = \frac{\varphi\, e^{n\varphi}}{D\, e^{nD}} \times (\Upsilon D - p) - \nu p = 0,$$ équation

qui en supposant $D - \varphi = z$, devient

$$\frac{\varphi}{D\, e^{nz}} \times (\Upsilon D - p) - \nu p = 0.$$

Mais puisque nous avons vu que quand $z = D - \varphi = 0{,}00001$, la formule e^{nz} est déja si grande que le premier terme de cette équation disparoîtroit devant le second, tandis qu'ils doivent être ici de même ordre,

d'en faire la comparaiſon. L'accord ſingulier

---

pour ſe détruire mutuellement, il s'enſuit que, hors les expoſans, nous pouvons prendre $\varphi = D$; d'où il réſulte que ν devant être pris entre les limites $\frac{1}{nD}$ & $\frac{1}{n\varphi}$, devient rigoureuſement égal à $\frac{1}{nD}$; notre équation prend donc cette forme $\frac{\Upsilon D - p}{e^{nz}} = \frac{p}{nD}$;

d'où l'on tire $e^{nz} = \frac{nD(\Upsilon D - p)}{p}$; donc

$nz = log. \left\{\frac{nD(\Upsilon D - p)}{p}\right\} = 7{,}9444142983733$: & diviſant par n; $z = 0{,}000002509$; &

$\varphi = D - z = 0{,}001307491$. Telle a dû être la denſité de l'air au point où le mobile a ceſſé de s'accélérer, & d'après la loi établie ci-deſſus entre les hauteurs & les denſités, on trouve qu'il convient à une élévation de 47 pieds, 778 millièmes. C'eſt donc au bout d'un tems bien court, que l'équation (C) commence à être admiſſible, & pour le point que nous venons de déterminer, elle ſe trouve vraie à la rigueur.

Mettant donc dans cette équation la valeur de φ que nous venons de déterminer, elle donnera

$$= \frac{\Upsilon\varphi - p}{b\varphi} = 247{,}164225, \ \& \ u = 15{,}721 \text{ pieds},$$

xpreſſion de la plus grande vîteſſe qu'ait eu le mobile pendant toute la durée de ſon mouvement, & du nombre de pieds qu'elle lui auroit fait parcourir dans une ſeconde. D'après les calculs précédens, la valeur analytique de cette vîteſſe ſe trouve ainſi :

qui s'y trouve à cet égard, tend à prouver

$$V = \sqrt{\frac{n(\Upsilon D - p) - \Upsilon \log. \left\{\frac{nD(\Upsilon D - p)}{p}\right\}}{b\,n\,d - b \log. \left\{\frac{nD(\Upsilon D - p)}{p}\right\}}};$$

Puiſqu'il eſt maintenant établi que l'équation (C) n'eſt ſujette à erreur que pour les premiers inſtans de la courſe du mobile, & que nous venons de déterminer le point où elle doit commencer à être admiſe, elle donne évidemment pour toute la ſuite de ce mouvement, la vraie valeur de la viteſſe, de telle ſorte qu'on a toujours $u^2 = \frac{\Upsilon\varphi - p}{b\varphi}$; nous pouvons donc déterminer la relation entre le tems & la denſité de l'air, qui, dépendant elle-même de la hauteur par une loi connue, rendra facile de tirer de ce calcul l'expreſſion du tems employé à parcourir un eſpace quelconque; il ne faut cependant pas perdre de vue que tous les tems déterminés ainſi ſeront affectés de l'erreur légère qui ſe trouve ſur les premiers inſtans; mais cette erreur étant rigoureuſement la même pour tous, n'empêchera pas qu'on n'ait exactement les tems employés par le Globe à s'élever au-deſſus de ce point fixe.

Reprenant donc l'expreſſion générale $u^2 = \frac{\Upsilon\varphi - p}{b\varphi}$, on aura $u = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{\Upsilon\varphi - p}{b\varphi}}$, & comme $ds = -\frac{d\varphi}{\mu\varphi}$, on tirera de cette équation:

$dt = -\frac{\sqrt{b}}{\mu} \times \frac{d\varphi}{\sqrt{\Upsilon\varphi^2 - p\varphi}}$; expreſſion différen-

que, par le ſoin que j'ai apporté à la déter-

---

tielle du tems, qui en faiſant d'abord $\varphi = r^2$, & rendant toute la quantité rationelle par une nouvelle ſubſtitution, s'intègre facilement. Quant à la conſtante, elle dépend entièrement du point auquel on veut rapporter l'origine des tems. Si, par exemple, pour éviter l'erreur de cette méthode ſur les premiers inſtans, on vouloit compter les tems du moment où l'équation fondamentale commence à devenir vraie, il faudroit déterminer la conſtante de manière que $t = 0$ donnât $\varphi = 0{,}001307491$, valeur de la denſité de l'air pour le point de la plus grande viteſſe ; mais comme les réſultats ne ſauroient changer de quelque point que l'on commence à compter une des variables, nous prendrons tout ſimplement $t = 0$, quand $\varphi = D$, comme nous euſſions fait ſi l'équation (C) étoit généralement admiſſible. Par ce moyen l'on obtient la formule ſuivante :

$$(D)\quad t = \frac{2}{\mu}\sqrt{\frac{b}{\Upsilon}} \times log.\left\{\frac{\sqrt{\Upsilon\varphi}-\sqrt{\Upsilon\varphi-p}}{\sqrt{\Upsilon D}-\sqrt{\Upsilon D-p}}\right\};$$

d'où l'on tire

$$(E)\quad 4\Upsilon\varphi = \frac{\left(p+\left\{\sqrt{\Upsilon D}-\sqrt{\Upsilon D-p}\right\}^2 e^{\mu t\sqrt{\frac{\Upsilon}{b}}}\right)^2}{\left\{\sqrt{\Upsilon D}-\sqrt{\Upsilon D-p}\right\}^2 e^{\mu t\sqrt{\left(\frac{\Upsilon}{b}\right)}}}$$

équations qui donnent à volonté le tems & la denſité en valeur l'une de l'autre.

Pour appliquer maintenant ces formules aux obſervations que nous avons à calculer, il faut déterminer de combien l'origine des tems eſt antérieure à quel-

mination des données de ce problême, & par

---

qu'une d'entr'elles, comme, par exemple, à celle où le mobile a été vu à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire; il n'y a pour cela qu'à ſubſtituer dans l'équation (D) la valeur de φ qui convient à une hauteur de 20 toiſes, ſavoir 0,001249, & la valeur de 7,6306 ſecondes qui en réſulte pour *t*, eſt le tems qu'il faut compter lors de la première obſervation pour qu'elle entre dans nos formules. Ajoutant donc cette quantité conſtante à tous les intervalles de tems dont les autres obſervations ont ſuivi la première, on aura la vraie valeur du tems qu'il faut compter pour chacune, depuis l'origine. Ces valeurs miſes pour *t* dans l'équation (E) donneront ſucceſſivement toutes les valeurs correſpondantes de φ, & par conſéquent les hauteurs acquiſes par le mobile au moment de chaque obſervation : c'eſt ainſi qu'a été conſtruit le tableau joint au texte de cette lettre.

On voit au reſte que cette méthode & ces formules ne conviennent que pour les inſtans poſtérieurs à celui de la plus grande vîteſſe du mobile; mais comme il l'a acquiſe bien rapidement & après avoir franchi une hauteur de 47,778 pieds ſeulement, on peut calculer à part cette première portion de ſon mouvement, en ſuppoſant la denſité de l'air conſtante, comme cela eſt permis pour une auſſi petite élévation; on trouve par ce moyen que le Globe a mis 5,546 ſecondes à prendre ſa plus grande vîteſſe, au lieu de 3,107 ſecondes que donnent nos premières formules. Telle eſt donc l'erreur dont elles affectent la détermination de chaque tems abſolu, quand on voudra les compter du moment du départ du Globe : ainſi c'eſt une correction de 2,432

les hypothèſes que j'ai employées, j'ai réuſſi

ſecondes à faire à tous les réſultats de l'équation (D), & le moment où elle donne $\varphi = D$, que nous avons pris pour origine des tems, eſt par conſéquent poſtérieur au véritable inſtant du départ de la Machine, de cette petite quantité.

Ajoutant donc ces 2,439 ſecondes aux 7,6306 ſecondes que nous avons trouvées pour la première obſervation, nous aurons 10 ſecondes dont le départ du mobile l'a réellement précédée, & qu'il a employées à s'élever au niveau du dôme de l'Ecole Militaire; on peut par ce moyen aſſigner l'inſtant où le Globe a été abandonné, quoiqu'il n'ait point été noté, & c'eſt d'après cette détermination que nous l'avons inſcrit à $5^h\ 1^m\ 52^s$.

Il ne reſte plus à déterminer que la plus grande hauteur à laquelle le Ballon auroit pu s'élever, & le tems qu'il auroit mis à ce trajet : reprenons pour cela l'équation (B), & ſuppoſons la viteſſe nulle, elle conviendra évidemment au point où la Machine auroit ceſſé de monter; on a donc alors $\Upsilon\varphi - p = 0$, ou $\varphi = \frac{p}{\Upsilon}$; expreſſion de la denſité de l'air à ce degré d'élévation. Cette valeur réaliſée donne $\varphi = 0{,}0007798$, d'où en faiſant la proportion $0{,}00131 : 0{,}0007798 :: 28^{po}\ 1^{li}\ \frac{1}{2} : 16^{po}\ 8{,}9^{li}$, on verra que dans cette région de l'atmoſphère, le baromètre devoit ſe ſoutenir à $16^{po}\ 8{,}9^{li}$.

Calculant enfin cette hauteur par le moyen de l'équation $s = \frac{\text{Log.}\left(\frac{D}{\varphi}\right)}{m}$, on trouvera $s = 2164{,}15^{tè} = 2164^{to}\ 0^{pi}\ 10^{po}$.

à ne pas m'écarter assez des loix réelles, pour faire des erreurs appréciables, sur l'espace que le mobile a parcouru pendant qu'il a été visible. Mais il est à présumer que si on eût pu l'observer plus long-tems, la théorie auroit montré quelques écarts, & c'est en cela qu'une telle expérience pouvoit être infiniment instructive. Quoi qu'il en soit, elle a du moins servi à montrer un point jusqu'auquel on peut regarder cette théorie de l'air comme très-précise, & sans parler de l'importance nouvelle qu'elle paroît acquérir aujourd'hui, beaucoup d'usages connus & bien essentiels rendent cette vérification très-intéressante.

J'ai du reste ajouté à ce tableau tout ce que le calcul a pu apprendre d'intéressant sur les circonstances de ce mouvement, qui n'ont pas pu être observées : ainsi le moment où

Et pour connoître la durée totale dont le mouvement du Ballon auroit été susceptible, il faut substituer dans l'équation (D) la valeur que nous venons d'obtenir pour φ. Elle donnera alors

$$t = \frac{2}{\mu}\sqrt{\frac{b}{\Upsilon}} \times log. \left\{\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\Upsilon D} - \sqrt{\Upsilon D - p}}\right\}, \ \&$$

cette valeur étant réalisée, devient $t = 1520{,}749$ secondes : à quoi ajoutant la correction de 2,439 secondes, on trouvera la durée totale du mouvement d'environ $25^{m}\ 23^{s}$.

le Globe a été abandonné, s'y trouve déterminé par rapport à celui où il a été vu au niveau du dôme de l'Ecole-Militaire, le calcul ayant indiqué qu'il avoit fallu 10″ au mobile pour franchir les vingt toiſes dont ce dôme eſt élevé. La théorie ayant appris également que le mobile, éprouvant de la part de l'air une réſiſtance d'autant plus grande, qu'il acquerroit plus de vîteſſe, a bientôt ceſſé tout-à-fait de s'accélérer pour s'élever au contraire d'un mouvement continuellement retardé juſqu'au moment de ſa plus grande hauteur, j'ai cru devoir marquer l'inſtant où ce *maximum* de vîteſſe a eu lieu, & donner le nombre de pieds que le mobile auroit parcourus par ſeconde, en vertu de cette vîteſſe. J'ai cru encore qu'il ſeroit intéreſſant de connoître la hauteur à laquelle la Machine auroit pu s'élever ſans la cauſe qui en a occaſionné la chûte, & le tems qu'elle auroit mis à y parvenir. J'ai noté en même-tems la hauteur à laquelle le baromètre devoit ſe ſoutenir dans cette région de l'atmoſphère. J'ai préſenté enfin dans une colonne à part le poids de l'air que la Machine déplaçoit à chacune de ſes poſitions, & la diminution de ces termes préſente une idée très-diſtincte des diminutions ſucceſſives de la denſité de l'air lui-même.

ation & de ceux de la Théorie,
aérostatique.

auteurs du Globe, données par les bservations.	*Hauteurs du Globe, données par la théorie.*			*Poids de l'air déplacé par le Ballon à chaque position.*		
				liv.	onces	gr.
....	0	0	0	86	7	5
	toises.	pi.	po.			
....	7	5	9	86	4	7
toises.						
.....20...	20	0	0	86	1	0
tre { 145 ½ / 159 ½ }	154	1	8	83	5	3
tre { 310 / 342 }	324	4	5	80	0	0
peu us de } 448 ½	453	2	5	77	9	1
peu us de } 474 ½	476	2	4	77	2	2
.....480 ½	480	1	5	77	1	1
peu us de } 481 ⅓	484	5	11	76	15	6
.....491	490	2	5	76	14	1
tre { 720 / 820 }	746	2	1	72	5	0
....	2164	0	10	51	7	5

Tableau comparatif des résultats de l'Observation & de ceux de la Théorie, sur le mouvement du Globe aérostatique.

Numéros.	*Instans pour lesquels la position du Globe est assignée.*	*Hauteur du Baromètre.* $28^{po}\ 1^{li}\ \frac{1}{2}$ *Thermomètre.........* 18^{d} *Densité de l'air.......* 0,00131 *Celle de l'eau étant....* 1,000 *Poids absolu du Ballon.* $51^{liv}\ 7^{on}\ 5^{gr}$	*Hauteurs du Globe, données par les observations.*	*Hauteurs du Globe, données par la théorie.*	*Poids de l'air déplacé par le Ballon à chaque position.*
					liv. onces gr.
1	$5^{h}\ 1^{m}\ 50^{f}$	Moment du départ du Globe retrouvé par le calcul.	....	0 0 0	86 7 5
				toises. pi. po.	
2	5 1 55 $\frac{1}{2}$	Moment où le Ballon avoit sa plus grande vîtesse, qui étoit de $15^{pi}\ 8^{po}\ 8^{li}$ par seconde.	....	7 5 9	86 4 7
3	5 2 0	Le Ballon est à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire.	toises. ....20...	20 0 0	86 1 0
4	5 2 52	....	entre {145 $\frac{1}{2}$ / 159 $\frac{1}{2}$}	154 1 8	83 5 3
5	5 4 0	....	entre {310 / 342}	324 4 5	80 0 0
6	5 4 53	....	un peu plus de 448 $\frac{1}{2}$	453 2 5	77 9 1
7	5 5 3	Le Globe disparoît pour l'Ecole Militaire.	un peu plus de 474 $\frac{1}{2}$	476 2 4	77 2 2
8	5 5 4 $\frac{1}{4}$	Le Globe disparoît pour l'Observatoire.	.......480 $\frac{1}{2}$	480 1 5	77 1 1
9	5 5 6 $\frac{1}{4}$	Le Globe disparoît pour le Garde-Meuble.	un peu plus de 481 $\frac{1}{3}$	484 5 11	76 15 6
10	5 5 8 $\frac{1}{2}$	Le Globe disparoît pour les tours Notre-Dame.	491	490 2 5	76 14 1
11	5 7 0	Le Globe reparoît entre les nuages.	entre {720 / 820}	746 2 1	72 5 0
12	5 27 13	Moment où le Globe auroit acquis sa plus grande élévation, 25 minutes 23 secondes après son départ, & le baromètre se soutenant dans cette région de l'atmosphère à 16 pouces 8 ligne 9 dixièmes.	....	2164 0 10	51 7 5

Vous voyez, Monſieur, que quand même l'exactitude d'une théorie pourroit être démontrée d'avance en rigueur, il ſeroit impoſſible d'obtenir avec les obſervations une plus grande conformité que ce tableau ne la préſente : quand en effet, par le défaut d'obſervations complètes, & par l'ignorance où nous étions ſur la ſeconde oſcillation du mobile à gauche de la direction du vent, nous n'avons pu inſcrire qu'un réſultat approchant, comme on le voit aux numéros 6, 7 & 9; la théorie ſemble venir, pour ainſi dire, nous donner celui qui nous manquoit, & ſuppléer elle-même aux incertitudes qui nous reſtoient ſur ces poſitions du Globe, ſur leſquelles nous n'avions de bien certain que le ſens dans lequel étoit l'erreur que nous commettions; & pour les n°s. 8 & 10, pour leſquels nous avons pu légitimement conclure des reſultats plus poſitifs, le calcul ne s'en écarte pas d'une toiſe. Quant aux n°s. 4, 5 & 11, pour leſquels la colonne des obſervations ne préſente que des limites fort écartées, ils achevent de montrer que le réſultat véritable étoit réellement entre ces limites, d'autant plus intéreſſantes à confirmer ainſi, qu'elles ont ſervi de baſe à tout le travail dont les autres termes de la même colonne ont été déduits.

Voilà, Monſieur, le but de cette lettre rempli, & la théorie bien confirmée juſqu'ici par l'épreuve qu'elle vient de ſubir ; mais cet inſtrument, auquel il ſeroit bien à deſirer que toutes les queſtions de la nature puſſent un jour donner priſe, ne ſauroit être trop perfectionné par des comparaiſons multipliées ; & les ſuppoſitions que nous avons ſuivies ſont ſans doute ſuſceptibles de quelques corrections légères dont nous n'avons pu nous appercevoir ici. C'eſt donc ſur de nouvelles épreuves qu'il faut fonder l'eſpoir d'acquérir à cet égard les connoiſſances les plus complètes; & celle que nous venons de traiter ne doit être regardée que comme une ſorte de répétition d'une expérience complète dans toutes ſes parties; manière de l'enviſager, qui ſuffiroit ſeule pour montrer qu'elle a été très-utile.

Je ne puis, Monſieur, avant de terminer cette lettre, me diſpenſer de dire un mot de l'accident qui eſt ſurvenu à la Machine aéroſtatique, & dont la cauſe, quoique très-ſimple, a été au moins très-confuſément rendue dans pluſieurs des écrits qui ſe multiplient ſur cette matière. Ce mobile en effet, qui contenoit un air originairement preſſé par tout le poids de l'atmoſphère, & alors en équilibre avec

elle, s'étant élevé dans des régions où la pression extérieure est devenue beaucoup moindre, & le fluide aériforme renfermé dans cette enveloppe, conservant toujours le même volume, & par conséquent la même élasticité, tout l'excès de cette force sur celle de l'air extérieur a dû être supporté par l'étoffe; & l'expérience prouve qu'elle n'y a pas résisté. C'est aussi ce que le calcul montre d'une manière bien évidente; car nous voyons par les résultats de la théorie, que le Ballon auroit pu s'élever jusqu'à une hauteur où le baromètre n'auroit marqué que 16 pouces 9 lignes environ. L'excès de l'élasticité de l'air intérieur sur la pression de l'atmosphère, auroit donc alors été représenté par l'excès de 28 pouces 1 ligne $\frac{1}{2}$ sur 16 pouces 9 lignes, & l'enveloppe du Ballon pressée intérieurement à tous ses points par une force égale au poids de 11 pouces 4 lignes $\frac{1}{2}$ de mercure. On déduit facilement de cette considération évidente, que la force tendante à séparer deux hémisphères quelconques du Globe, eût été alors de près de 108 mille livres (1), & que

(1) Soit *AMB*, *fig.* 3, le Globe aérostatique, & *Mm*, un élément quelconque, infiniment petit, de son enveloppe, que nous supposons pressé intérieure-

cette force répartie ſur tout le contour de la Machine eût donné environ 2824 $\frac{1}{2}$ livres par pied de taffetas. Il eſt bien évident qu'un

---

ment par une force perpendiculaire $n M$, égale au poids d'une colonne de mercure de 11 pouces quatre lignes $\frac{1}{2}$. Imaginons un plan quelconque $A B$, qui partage le Globe en deux parties égales, & ſoit décompoſée la force $n M$ en deux autres, Mt, Mr, l'une perpendiculaire, l'autre parallèle au plan AB. Toutes les forces $M r$, ſe feront évidemment équilibre entr'elles, & la ſomme de toutes les forces Mt, exprimera celle avec laquelle la preſſion extérieure tend à ſéparer l'hémiſphère $A M B$, de celui qui lui eſt oppoſé. Or, ſi l'on repréſente par $P p$, la projection de l'élément Mm, ſur le plan $A B$, on aura évidemment :

$$Mn : Mt :: Mm : Pp.$$

Donc $Mt, \times Mm = Pp, \times Mn$; d'où il ſuit que la force Mt, agiſſant ſur tous les points de Mm, opère, pour ſéparer les deux hémiſphères, le même effet que la preſſion conſtante $M n$, ſi elle agiſſoit ſur tous les points de $P p$. La ſomme de toutes les forces $M t$, ſera donc exprimée par la force Mn, agiſſant ſur tous les points du grand cercle $A B$, & ſera par conſéquent, égale au poids d'un ſolide de mercure, qui auroit pour baſe le grand cercle AB, ou 116,260 pieds quarrés, & pour hauteur, 11 pouces 4 lignes $\frac{1}{2}$. Ce ſolide ſe trouve de 110,279 pieds cubes, & à raiſon de 978,964 livres par pied cube de mercure, pèſe 107964,064 livres. Telle eſt la force, qui, dans les

tiſſu

tiſſu auſſi frêle devoit céder à une tenſion ſi conſidérable.

Il eſt difficile de ſavoir à quelle hauteur le Ballon eſt réellement crevé, quoiqu'il ſoit bien probable qu'il a fallu pour cela un effort beaucoup moindre que celui qui vient d'être calculé; mais ſi le mobile étoit parvenu à ſa plus grande élévation poſſible, c'eſt-à-dire, à 2164 toiſes, comme il auroit, d'après nos calculs, employé 25′ à y arriver, & qu'il étoit déjà tombé au bout de 45, il s'enſuivroit qu'il ſeroit deſcendu un peu plus vîte qu'il n'eſt monté, ce qui ne paroît guère probable. Il eſt bien plus vraiſemblable que l'ouverture s'eſt faite au Globe long-temps avant

---

circonſtances ſuppoſées, auroit tendu à ſéparer deux hémiſphères du Globe, & répartie ſur un contour de 38,222 pieds, elle donne 2824,657 livres par pied de taffetas.

Il eſt à propos de remarquer que cette méthode de déterminer l'effet d'une preſſion donnée contre tous les points d'une ſurface courbe, s'applique à toute eſpèce de ſurface; & que cet effet, conſidéré perpendiculairement à un plan quelconque, eſt, par conſéquent, égal à celui que feroit la preſſion donnée, ſi elle étoit appliquée à tous les points de la projection de la ſurface dont il s'agit ſur le plan ſuppoſé, quelle que ſoit la nature de la ſurface, ſphérique ou non.

qu'il eût atteint le point que nous venons de considérer, & que perdant alors lentement & par degrés le gaz qui le soutenoit, il a mis à redescendre deux ou trois fois autant de tems qu'à s'élever. C'est au reste ce qu'il feroit possible d'éclaircir en étudiant les loix de la chûte d'un corps soumis à de telles circonstances, comme nous avons approfondi celles de son ascension; & l'on pourroit en déduire à-peu-près la hauteur réelle à laquelle il est crevé, & la mesure de la force que son étoffe n'a pu supporter. Ce résultat pourroit devenir utile par la suite; mais je suis contraint, Monsieur, de supprimer ce détail, & beaucoup d'autres plus intéressans encore, sur les attentions nombreuses qu'il faudroit avoir dans une pareille expérience, & sur la manière d'en tirer immédiatement les loix de la résistance de l'air par des formules très-simples; & je me hâte de mettre fin à cette lettre, trop étendue peut-être telle qu'elle est, & qui, dans le dessein où vous êtes de la joindre à un ouvrage destiné à paroître incessamment, a déjà par sa longueur des inconvéniens réels; j'espère suppléer par la suite à ce que j'ai été obligé d'omettre ici.

Je suis, &c.

Paris, le 31 Octobre 1783.

DU GAZ INFLAMMABLE,

Et du Gaz de M. DE MONTGOLFIER.

LE gaz inflammable qui fixoit depuis quelque tems l'attention des physiciens, par les beaux phénomènes qu'il présente, offre, dans ce moment, des moyens nouveaux, applicables à des expériences qui vont ouvrir une carrière absolument inconnue jusqu'à ce jour.

Cette vapeur, d'une légèreté extrême (car l'air de l'atmosphère est dix fois plus pesant qu'elle) étant renfermée dans une enveloppe, capable de la retenir, & d'une certaine capacité, s'enlève bientôt avec rapidité, entraînant avec elle, non-seulement le corps qui la contient, mais encore des poids qu'on peut proportionner à la masse de gaz qu'on a développée; delà les Globes aérostatiques à air inflammable.

Ce fait est constaté de la manière la plus authentique; l'on a même le projet de construire un Ballon à air inflammable, assez considérable pour enlever au moins un homme, & il est bien à désirer que la chose s'exécute; l'on obtiendra par là un fait de plus. MM. Charles & Robert, qui ont ouvert une souscription à ce

ſujet, méritent véritablement qu'on ſeconde leurs vues ; ils ont tout ce qu'il faut pour mener cette expérience à bien, & leur émulation ne peut qu'être avantageuſe à cette découverte.

Quoique le gaz inflammable ſoit d'un haut prix, & qu'on ne l'obtienne pas en grand avec autant de facilité qu'on le deſireroit, je ſuis bien éloigné de le rejeter ; il eſt à ſouhaiter au contraire, avant d'y renoncer, qu'on ait abſolument épuiſé toutes les reſſources à ce ſujet.

Les amateurs de la phyſique doivent porter leur attention ſur deux points importans, relativement aux Ballons aéroſtatiques à air inflammable ; le premier doit rouler ſur les moyens les plus faciles & les plus économiques pour obtenir cet air ; le ſecond regarde l'enveloppe : il faut chercher à s'en procurer une qui ſoit ſimple, ſolide, qui ne craigne, ni la pluie, ni les intempéries des ſaiſons, & ſur-tout, qui conſerve exactement le gaz, ſans l'affoiblir ou le détériorer en aucune manière, au moins pendant pluſieurs mois.

Le fer, le zinc, le cuivre, l'étain, le plomb mélangés avec les acides vitrioliques ou marins de bonne qualité, affoiblis par trois portions d'eau non ſéléniteuſe, produiſent de l'air inflammable.

Il faut, dans cette opération, ne jamais

faire usage d'acide nitreux connu sous le nom d'*eau-forte*, parce que l'air que cet acide dégage des métaux, est d'une nature entièrement opposée à l'air inflammable.

L'acide végétal, lorsqu'il a une certaine force, produit également de l'air inflammable avec les métaux; mais le moyen est lent & dispendieux.

La noix de galle pilée, ou toute autre substance végétale fortement astringente, mêlées avec de la limaille de fer & de l'eau, forment une pâte liquide, qui produit, au bout d'un jour ou deux, des bulles d'air inflammable; mais ce procédé est encore beaucoup trop long. *Voyez Priestley, Expériences & Observations sur différentes branches de physique, tome II, page 130.*

L'air des marais est très-abondant, presque par-tout où les eaux sont stagnantes, & cet air inflammable ne coûteroit que la peine de le retirer. Il est vrai que les procédés seroient un peu gênans en opérant dans le grand; mais ne pourroit-on pas les simplifier? Il me semble qu'il seroit facile, à l'aide d'un rateau de fer ou de bois, qu'on promèneroit dans le fond d'une eau bourbeuse, de s'en procurer des provisions assez abondantes : il s'agiroit de fixer sur ce rateau un

grand entonnoir de fer-blanc qui en recouvriroit la ſurface ; l'air qui ſe dégageroit monteroit par le tuyau allongé de l'entonnoir, dans une grande bouteille renverſée, ou dans tout autre vaſe plus commode plein d'eau ; l'air inflammable déplaceroit le fluide aqueux, & l'on boucheroit la bouteille lorſqu'elle ſeroit pleine ; deux perſonnes, dans un petit bateau, pourroient, avec de l'intelligence & de l'adreſſe, recueillir de cette manière, en aſſez peu de tems, beaucoup d'air, & en faire des proviſions. On peut imaginer d'autres moyens analogues, plus faciles encore, lorſqu'on voudra faire des recherches pratiques à ce ſujet.

L'air des marais, quoiqu'inflammable, eſt moins léger que celui des métaux ; mais il peut cependant être employé pour les Machines aéroſtatiques.

L'eſprit de térébenthine, diſtillé dans un appareil pneumato-chimique, produit de l'air inflammable ; mais ce dernier eſt encore plus peſant que l'air des marais, & eſt réductible.

Le *charbon végétal* & le *charbon foſſile* en fourniſſent auſſi, mais il n'eſt pas léger ; il eſt vrai que, comme il eſt à préſumer qu'il eſt mêlé d'air fixe, on pourroit l'en débarraſſer, en le faiſant paſſer à travers l'eau de chaux.

L'esprit-de-vin rectifié, *l'éther vitriolique*, jettés par goutte dans des vaisseaux qu'on fait chauffer, donnent du gaz inflammable; mais il est réductible & se condense par le froid, il forme alors des vapeurs aqueuses.

Enfin, d'autres matières simples ou mélangées pourroient produire encore de l'air inflammable; rien n'empêcheroit d'essayer, par exemple, les huiles mêlées. Avec de l'ocre ferrugineuse, ou avec de la suie, l'on a des preuves, depuis quelque tems, qu'une telle mixtion s'enflamme spontanément. Les pyrites, mises en décomposition, soit par le feu, soit par le moyen de l'eau, ne doivent pas être non-plus négligées.

Je ne donne ici cet énoncé rapide, qu'afin de présenter, sous un même point de vue, les substances propres à produire de l'air inflammable, afin de mettre à portée les personnes qui n'auroient pas eu occasion de faire des recherches à ce sujet, de connoître au premier coup-d'œil les matières sur lesquelles il faut travailler de préférence.

Mais comme les recherches sur le gaz inflammable ont été jusqu'à présent, plutôt relatives aux qualités intrinsèques de cet air & à ses propriétés physiques, qu'à sa légèreté spécifique, & aux moyens les plus com-

modes de s'en procurer de grandes quantités, il eſt bon, en attendant qu'on ait fait des découvertes à ce ſujet, de donner ici les procédés qui m'ont le mieux réuſſi, pour obtenir le gaz inflammable tiré du fer par l'acide vitriolique.

Moyen d'obtenir l'air inflammable par le fer & l'acide vitriolique.

Procurez-vous de la limaille de fer ou de celle d'acier, la plus pure que vous pourrez trouver; évitez ſur toute choſe, qu'elle ſoit jaunâtre & rouillée, parce qu'ayant perdu une partie de ſon phlogiſtique, elle contient en cet état, beaucoup de gaz *acide méphitique*, dont la peſanteur eſt plus conſidérable que celle de l'air atmoſphérique.

Paſſez cette limaille à un tamis un peu gros, pour en ſéparer les pailles, les petits éclats de bois, & les autres corps étrangers qui ſe trouvent mêlangés ordinairement avec la limaille, que les ouvriers ne s'embarraſſent guère de tenir propre; lorſque vous aurez la quantité de limaille épurée qui vous ſera néceſſaire, il faut vous munir d'acide vitriolique pur & concentré. L'on en trouve d'une très-bonne qualité, connu ſous le nom vul-

gaire d'*huile de vitriol*, à la manufacture de *Javelle* près de Paris, & à *Rouen* (1).

L'acide vitriolique doit être mêlangé avec de l'eau pure, dans les proportions de quatre parties d'eau sur une d'acide; mais cette mixtion doit être faite avec précaution, dans des vases de grès ou de faïence, en ayant attention de mêler d'abord les deux liqueurs à petite dose, à cause de la chaleur excessive qui résulte de cette union, & qui occasionneroit la rupture des vaisseaux; mais en allant doucement & avec prudence, il n'y a absolument rien à craindre; au reste, l'expérience & l'habitude instruiront mieux que tout ce qu'on pourroit dire à ce sujet; ce n'est pas sans raison non-plus que j'ai recommandé l'usage des vases de faïence ou de grès, car l'acide ne mord pas sur la couverte de la faïence, tandis qu'il détruit bientôt le vernis de la poterie commune; mais le véritable grès, qui est une espèce de porcelaine très-grossière, n'en a point.

Le meilleur moyen d'obtenir l'air inflam-

(1) Celle de Javelle, à deux lieues de Paris, coûte 10 sols la livre, en la prenant sur les lieux. Celle de Rouen, de la manufacture de M. Holker, est aussi bonne.

mable pur & le plus léger poſſible, eſt de le faire paſſer à travers l'eau, dans les appareils *pneumato-chimiques*, diſpoſés à la manière de M. le duc de Chaulnes, ou dans ceux qu'on trouve ordinairement chez preſque tous les ingénieurs en inſtrumens de phyſique; mais ces appareils bien imaginés & très-commodes pour des expériences de cabinet, deviennent inſuffiſans, lorſqu'il s'agit de ſe procurer une très-grande quantité d'air.

Le procédé que je vais indiquer pour cet objet me paroît ſimple, & des plus faciles à exécuter. Prenez une grande cuve de bois, & même en rigueur un tonneau de 4 à 5 pieds de hauteur ſur 6 à 7 de diamètre, placé verticalement & ouvert par la partie ſupérieure; faites établir à environ 2 pouces $\frac{1}{2}$ de l'ouverture, une tablette demi-circulaire, qui occupera la moitié du diamètre de la cuve, & ſera ſolidement conſtruite & bien arrêtée dans une rainure intérieure, diſpoſée pour la recevoir; lorſque la cuve ſera pleine, l'eau recouvrira la tablette, ce qui eſt néceſſaire; elle ſera en cet état deſtinée, comme dans les appareils pneumato-chimiques ordinaires, à ſupporter une cloche ou récipient qui, au lieu d'être en verre, ſera en fer-blanc; il faudra auſſi pratiquer au milieu de cette tablette, une ouverture cylin-

drique de deux pouces de diamètre, au-deſſous de laquelle on fixera avec du maſtic un entonnoir renverſé, de 5 à 6 pouces de largeur dans ſon grand diamètre, ſur 7 à 8 pouces de hauteur, & dont le tube raſera la partie ſupérieure de la tablette.

Cet appareil très-ſimple une fois conſtruit, l'on aura une cloche en fer-blanc de deux pieds ½ de diamètre ſur 3 ½ de hauteur, ouverte par le bas, mais ſurmontée dans le haut d'un robinet en cuivre placé verticalement & diſpoſé de manière à être ouvert ou fermé à volonté. Ce robinet doit avoir une allonge propre à être viſſée ſur un ſecond robinet adhérent à l'ouverture du Ballon, & cette partie du Ballon doit être un peu prolongée & faite en entonnoir.

Le récipient ainſi établi en fer-blanc, peut être peint en couleur à l'huile, afin d'être préſervé de la rouille. Enfin, pour compléter l'appareil, il eſt néceſſaire d'avoir une eſpèce de bouteille en plomb, d'un pied de diamètre ſur deux pieds ſix pouces de hauteur, à double goulot, dont l'un ſervira pour introduire la limaille de fer & l'acide, & ſera fermé enſuite avec un bouchon de liège, & l'autre ſera adhérent & ſoudé à un long tube en plomb, recourbé & diſpoſé de manière à pouvoir être placé facilement ſous l'entonnoir de la tablette.

Ces trois principales pièces ainſi préparées, & la cuve étant pleine d'eau, l'on y enfoncera la cloche ou récipient en fer-blanc, en ayant ſoin d'ouvrir auparavant le robinet, afin que la cloche, en ſe vidant d'air, ſe rempliſſe d'eau avec facilité; l'opération faite, le robinet ſera fermé, & un homme ou deux enlèveront en cet état doucement la cloche pour la placer ſur la tablette dans la partie correſpondante au trou de l'entonnoir, &, comme la tablette ſera couverte de 2 pouces d'eau, celle du récipient ſe ſoutiendra & n'aura aucune communication avec l'air extérieur.

Les choſes ainſi diſpoſées, la bouteille en plomb ſera ouverte, & l'on jettera par le trou, qui doit avoir au moins un pouce de diamètre, environ deux livres de limaille de fer, ſur leſquelles on verſera de l'acide vitriolique, de manière qu'il y en ait ſuffiſamment pour que la limaille ſoit entièrement couverte par le liquide; l'on remuera très-promptement la mixtion dans la bouteille de plomb, avec une longue ſpatule en fer; la bouteille ſera ſur-le-champ rebouchée, & l'air qui ſe dégagera avec impétuoſité, parviendra par le tube dans le récipient où il déplacera l'eau. Dès qu'on s'appercevra que la cloche eſt pleine, ce qu'on reconnoîtra aux premières bulles d'air qui ſor-

tiront ſous l'eau du récipient, l'on ouvrira le robinet de la cloche & celui du Ballon, que je ſuppoſe viſſé & ſuſpendu au-deſſus de l'appareil, & l'air, lorſqu'on enfoncera la cloche dans l'eau, paſſera dans le Ballon. L'eau qui remplira de nouveau la cloche, ſera déplacée à ſon tour par l'air inflammable. L'on enfoncera encore le récipient dans l'eau, &, en continuant cette manœuvre, l'on ſe procurera une bonne proviſion d'air inflammable très-pur.

Il faut avoir ſoin, lorſqu'on s'appercevra que l'efferveſcence ceſſe, de jeter de la nouvelle limaille & de l'acide dans la bouteille, & d'intervalle en intervalle de l'acide un peu plus fort; c'eſt-à-dire, affoibli ſimplement par deux portions d'eau.

Comme à force de jeter de la limaille & de l'acide vitriolique dans la bouteille, elle ſe rempliroit, ce qu'il faut éviter, parce qu'alors l'acide monteroit lui-même en entraînant de la limaille; il ſera néceſſaire, lorſqu'on aura beſoin d'une grande quantité d'air, de ſe procurer deux bouteilles en plomb, parce que l'on aura la facilité par-là de les ſubſtituer l'une à l'autre, & de nettoyer la première pendant que la ſeconde fournira de l'air. L'on aura attention, lorſqu'on changera ainſi de bouteille, de fermer le robinet du Ballon.

Telle est la méthode que je propose, en attendant que les recherches des physiciens nous en aient procuré de meilleures.

Quant à la manière de remplir les petits Ballons en peau de *baudruche*, s'ils n'ont que 10 à 12 pouces de diamètre, il faut avoir de l'air inflammable nouveau dans des vessies de cochon garnies de leurs robinets (1). Un petit tube cylindrique de cuivre vissé sur le robinet, donne la plus grande facilité de remplir ces vessies; on les vide d'air atmosphérique en les pressant; on ferme le robinet, & l'on enfonce l'allonge dans un bouchon de liège, qui bouche un des goulots de la bouteille. L'on jette de la limaille & de l'acide dans la bouteille, on la bouche après avoir ouvert le robinet, & l'air inflammable a bientôt rempli la vessie; avec deux de ces vessies l'on a la provision d'air nécessaire pour faire enlever un Ballon d'un pied de diamètre.

Les personnes qui ne seroient pas à por-

(1) Les frères Dumotier, demeurans *au fond de la cour de Saint-Jean de Latran*, ont toujours des vessies garnies de robinets, avec lesquelles on peut faire plusieurs expériences agréables, en se servant d'air inflammable. Ils sont aussi assortis en machines de physique, & sont très-accommodans pour les prix.

tée de se procurer des vessies à robinet, peuvent y suppléer de la manière suivante, mais l'air inflammable en est un peu moins pur, & par conséquent un peu moins léger.

Ayez un petit tube de verre de 4 lignes de diamètre environ, sur trois pieds de longueur. Ajustez à une des extrêmités un bouchon de liège percé, dans lequel le tube entrera jusqu'au bord, où il sera scellé avec du mastic ou de la cire; il faut que ce bouchon armé du tube, puisse s'adapter dans l'ouverture d'une bouteille noire ordinaire, ou plus grande encore si la capacité du Ballon l'exige.

Ayez un second petit bouchon percé, avec lequel vous fermerez l'autre extrêmité du tube, & c'est sur ce bouchon que vous ferez entrer le bout de plume adhérent au Ballon en peau de baudruche.

Jettez deux ou trois onces de limaille de fer dans la bouteille, versez-y de l'acide vitriolique affoibli par quatre parties d'eau, bouchez avec le bouchon qui tient au tube, placez le bout de plume adhérent au Ballon, dans le petit trou du bouchon supérieur, & l'air inflammable qui se dégagera de la bouteille, remplira très-promptement le Ballon. On liera avec un peu de soie le Ballon au-dessus de la plume, ou même on laissera la plume

dont on bouchera l'ouverture avec un très-petit bouchon qu'on aura préparé auparavant pour cet objet, & le Ballon partira en entraînant la plume & le bouchon qui lui serviront de lest.

Mais si l'on vouloit remplir, par exemple, un Ballon plus considérable en peau de baudruche, c'est-à-dire, qui eût de 20 à 25 pouces de diamètre, au lieu de se servir de bouteille, l'on adapteroit un tube de verre & un bouchon plus gros, sur une petite barique en bois, dont le disque supérieur seroit percé de deux ouvertures; l'une pour recevoir le tube; la seconde, pour introduire la limaille & l'acide, & l'on fermeroit cette dernière, lorsque l'air se dégageroit.

Du gaz que développe M. de Montgolfier, pour remplir & enlever la Machine aérostatique.

Le nom de *gaz* ne devroit être donné qu'à une émanation aériforme quelconque, douée d'un caractère propre & spécifique, & qu'on peut produire sans le concours & abstraction faite de l'air atmosphérique, soit par des procédés chimiques, soit par des moyens que la nature met en usage, & dont la plupart nous sont encore inconnus.

D'après

D'après cela, je ne ſerai pas éloigné de penſer que le nom de *gaz* ne convient peut-être pas ſtrictement aux différentes vapeurs combinées qui compoſent l'air qui ſert à remplir & à enlever les Machines aéroſtatiques de MM. de Mongolfier.

Il eſt vrai que, dans cette opération, on brûle des matières animales, qui produiſent du véritable *gaz alkalin*, & que la paille allumée laiſſe échapper du phlogiſtique, & des ſubſtances huileuſes réduites en vapeur, qui peuvent occaſionner diverſes modifications dans l'air atmoſphérique; ce dernier lui-même traverſant la flamme, y éprouve quelque changement; & comme il réſulte de tous ces mêlanges un mixte aériforme particulier plus léger que l'air commun, je ne vois pas qu'il y eût d'inconvénient de lui donner le nom de *gaz de MM. de Montgolfier*, en mémoire de leur belle découverte.

La connoiſſance exacte de ce gaz n'eſt certainement pas une choſe facile, d'abord parce qu'elle tient à une foule de circonſtances acceſſoires; en ſecond lieu, parce que les expériences qu'on a faites juſqu'à préſent ayant été peu nombreuſes, & exigeant des manœuvres promptes, il n'a pas encore été poſſible de recueillir des proviſions de cet air, priſes à différentes hau-

teur dans la Machine, ce qui n'étoit pas aiſé, ſoit à cauſe de ſa grande élévation, ſoit parce que l'on a dû être naturellement plus occupé d'abord du ſuccès des expériences que des recherches ſur les qualités du gaz. Il faut donc attendre que des circonſtances plus favorables nous mettent dans le cas de pouvoir l'examiner, & en faire les eſſais convenables avec *l'eudiomètre*, & par les procédés chimiques que nous connoiſſons.

Je me contenterai donc, en attendant, de rapporter ici quelques faits que j'ai recueillis avec le plus de ſoin qu'il m'a été poſſible, & qui pourront ſervir à ceux qui ſeront à portée de ſuivre des expériences ſemblables.

I. Obſervation. Il eſt très-important, lorſqu'on développe le gaz, d'éparpiller la paille de manière qu'elle s'enflamme très-promptement, & ſans produire de fumée; toute l'attention de ceux qui dirigent le feu, doit ſe porter ſur cet objet : un feu vif & brillant, un feu de flamme eſt ce qui convient le mieux.

II. Il faut, de diſtance en diſtance, jeter ſur la flamme, & par petites poignées, de la laine hachée; la plus mince eſt la meilleure, elle s'allume mieux & jette moins de fumée.

III. Lorſque les perſonnes chargées de con-

duire le feu, ont l'habitude de ne pas trop jeter de paille à la fois, & de l'employer à propos pour avoir une flamme conſtante, une Machine de 70 pieds de hauteur ſur 46 de diamètre, peut être entièrement remplie en cinq minutes, ce qui paroît étonnant (1).

IV. Dès que la Machine commence à ſe gonfler, il ſe forme ſur-le-champ un courant d'air rapide qui vient de l'extérieur, & entre dans la Machine, de manière qu'avant qu'on eût pris les précautions néceſſaires, les toiles diſpoſées ſous l'échaffaud, & autour du foyer, en manière d'entonnoir cylindrique, étoient agitées avec une violence extrême, & venoient ſe joindre contre le foyer : on a donc été obligé de les arrêter par le moyen de poteaux diſpoſés autour du réchaud, ſur leſquels les toiles ont été clouées.

---

(1) A meſure que le dôme de la Machine commence à ſe remplir, on l'élève doucement, à l'aide d'une corde & d'une poulie fixée entre les deux mâts, de 50 à 60 pieds de hauteur, qui doivent être placés à côté de l'échaffaud ; cette manœuvre facilite l'entrée de la vapeur dans la Machine, & ſert à la contenir juſqu'à ce qu'étant parvenue à la hauteur des mâts, elle ſe dégage elle-même & quitte ſes liens.

Il entre donc une quantité considérable d'air atmosphérique dans la Machine.

V. Cet air commun, avant de pénétrer dans la capacité du Ballon, est obligé de traverser la flamme que produit la paille allumée : il est probable qu'en s'échauffant, l'eau qu'il contient & celle qui résulte de la combustion de la matière végétale, sont réduites en vapeur.

VI. Cette eau forme alors un fluide élastique plus rare & plus léger que l'air même, & cette vapeur diffère de tous les fluides aériformes connus, en ce que, comme l'a très-bien observé M. de Saussure en parlant de l'eau vaporisée, le *seul refroidissement suffit pour séparer le feu, & pour faire reparoître sous une forme dense & non élastique, l'eau qui s'étoit réduite en vapeur.* Essai d'Hygrométrie, essai III, chap. 1, pag. 186.

VII. Les vapeurs contenues dans l'air atmosphérique, étant parfaitement dissoutes par la chaleur, ne sont pas visibles ; il en est de même de celles qui sont renfermées dans la Machine aérostatique ; car lorsque la flamme a produit une chaleur égale, non-seulement les vapeurs aqueuses, mais d'autres émanations, telles que les parties huileuses & celles produites par la combustion, sont tellement divisées &

diſſoutes, que la Machine, quoique pleine & tendue dans tous les points, n'offre qu'un fluide aériforme, tranſparent & homogène en apparence.

VIII. C'eſt en cet état que la Machine s'enlève avec force & vîteſſe, & qu'elle ſe ſoutient le mieux en l'air. La vapeur eſt dans ce cas-là à l'air atmoſphérique comme 1 à 2; c'eſt-à-dire, qu'elle eſt une fois plus légère que l'air ordinaire; ce qui eſt d'autant plus avantageux, qu'en conſtruiſant des Machines d'une grande capacité, l'on peut enlever des poids conſidérables.

IX. Lorſque la Machine aéroſtatique eſt en expérience pendant quelque tems, il ſe forme dans l'intérieur une ſuie fine & légère, qui eſt à peine adhérente à la toile, & qui s'en détache au moindre mouvement.

X. Lorſqu'on a voulu eſſayer de brûler du bois de ſarment, qui forme un feu vif & clair, la Machine s'eſt très-bien tendue, mais le courant d'air tranſportoit avec rapidité des charbons encore enflammés, juſques dans des parties très-élevées, ce qui pouvoit être dangereux pour l'enveloppe, d'autant plus que les charbons étoient encore très-animés à cette hauteur, ce qui annonce que l'air n'étoit ni méphitique, ni détérioré. Quoique le feu de

farment soit très-bon, celui de paille ne faisant aucun charbon, il faut lui donner la préférence jusqu'à ce qu'on ait trouvé des moyens de mieux contenir le premier.

XI. Il paroît que l'air alkalin entre pour quelque chose dans la légéreté du gaz; mais comme la Machine s'élève (un peu moins bien à la vérité) lorsqu'on brûle simplement de la paille, il s'ensuit que l'air échauffé, que l'air dilaté, & que les molécules aqueuses qui s'y trouvent naturellement, ou qui s'y sont portées par la décomposition de la paille, étant réduites en vapeur, jouent le plus grand rôle par leur légéreté dans l'ascension de la Machine; cependant, comme je n'ai que des présomptions, & point de certitude encore sur cette dernière opinion, je ne l'avance que comme une simple conjecture; car, quoique la physique des gaz ait fait un grand pas, il est à croire qu'il nous reste encore bien des choses à connoître à ce sujet.

Je pourrois donner ici un exemple qui n'est peut-être pas étranger à l'objet que je traite, quoiqu'il semble s'en éloigner au premier aspect; c'est celui de l'air agissant comme dissolvant de l'eau: le fluide aérien en est si avide, qu'il en retient constamment avec lui des parties dont il ne se dépouille jamais entière-

ment. L'hygromètre comparable dont M. de Sauſſure vient d'enrichir la phyſique, nous a donné de grandes lumières ſur l'état de l'air; & l'ouvrage que ce ſavant diſtingué vient de publier à ce ſujet, nous met ſur la voie des plus précieuſes découvertes. Le réſumé général qui termine le chapitre VIII des *Eſſais ſur l'Hygrométrie*, forme un expoſé ſuccinct ſi clair & ſi méthodique, que j'eſpère qu'on me ſaura quelque gré de le rapporter ici :

« L'évaporation proprement dite, eſt le » réſultat ou plutôt l'effet de l'union intime » du feu élémentaire avec l'eau. Par cette » union, l'eau & le feu réunis ſe changent en » un fluide élaſtique plus rare que l'air, & qui » mérite éminemment le nom de *vapeur.*

» Cette vapeur, lorſqu'elle ſe forme dans » le vuide, ou que ſon abondance & ſa cha- » leur ſoutenue lui donnent la force d'expul- » ſer l'air qui la comprime, ſe nomme *vapeur* » *élaſtique pure.*

» Mais lorſque cette même vapeur ne peut » pas ſurmonter entièrement la force com- » preſſive de l'air, elle le pénètre, ſe mêle » avec lui, ſubit une vraie diſſolution, & prend » le nom de *vapeur élaſtique diſſoute.*

» Lorſqu'enſuite l'air ſaturé laiſſe précipiter » l'eau qu'il contient, cette eau prend quel-

» quefois la forme de véficules, ou de petites » bulles : ces véficules remplies & enveloppées » d'un fluide rare & léger, fe foutiennent dans » l'air, & s'élèvent même quelquefois par une » légéreté fpécifique plus grande que la fienne. » Ce font donc des corps étrangers à l'air, » & d'une nature abfolument différente du » fluide élaftique auquel nous venons de don- » ner le nom de *vapeur*. Cependant, pour » me conformer à l'ufage, je les ai rangés » dans la claffe des vapeurs, & je les ai dif- » tingués par le nom de *vapeur véficulaire*.

» Enfin, lorfque la vapeur élaftique ou les » véficules elles-mêmes fe condenfent en gout- » telettes pleines, qui ne diffèrent des gouttes » de pluie que par leur extrême petiteffe, ce » font encore des corps bien différens de la » vapeur proprement dite. Cependant comme » ces corps flottent dans l'air, & peuvent y être » foutenus pendant quelque tems par fon agi- » tation & fa vifcofité, je les claffe auffi parmi » les vapeurs, & je leur donne le nom de » *vapeur concrète* ». *Effai d'Hygrométrie, chap. VIII, pag. 257.*

Ce tableau du différent état des vapeurs eft très-exact, & préfente un fait remarquable en phyfique, celui des vapeurs véficulaires, qu'on peut regarder, fi je puis m'expri-

mer ainſi, comme autant de petits Ballons aéroſtatiques, qui, à l'aide de certaines circonſtances, s'élèvent, flottent & voyagent les uns à côté des autres, ſans s'unir, ſans ſe confondre, pour former, dans les hautes régions atmoſphériques, des nuages qu'on peut regarder ſouvent comme des rivières entières ſuſpendues ſur nos têtes; & ſi MM. de Montgolfier, avec une ſimple Machine de 70 pieds de hauteur ſur environ 46 de diamètre, nous ont fait voir qu'on pouvoit enlever des poids conſidérables, jugeons par-là de la force d'un nuage de trois à quatre cens pieds de diamètre, ſur cinq ou ſix cens de hauteur, ſi l'on trouvoit jamais l'art de le réunir & de l'enfermer dans une enveloppe en état de le contenir, & qui ne porteroit aucune atteinte à la diſpoſition & à la qualité des vapeurs véſiculaires; c'eſt-à-dire, qui ne les condenſeroit pas & ne les feroit pas réſoudre en eau.

Je penſe qu'il faut établir une grande diſtinction entre les vapeurs que nous formons par l'art à l'aide du feu, & celles que la nature produit d'une manière ſpontanée, avec peu de chaleur.

Il nous faut un violent degré de feu pour extraire l'eau des ſubſtances végétales ou animales, & la réduire en vapeur, ainſi que l'eau

commune, & les autres fluides que nous connoiſſons, & ces vapeurs ſont preſqu'auſſi-tôt condenſées qu'élevées; tandis au contraire que la nature, non-ſeulement produit les vapeurs véſiculaires, ſans beaucoup de chaleur, mais les porte à de très-grandes hauteurs, où le froid ne les condenſe que d'une manière à les rendre viſibles, & non à les réſoudre, puiſqu'elles ſe ſoutiennent dans l'hiver comme dans l'été, à une hauteur qui excède quelquefois trois mille toiſes, de manière qu'il paroît que lorſqu'elles ſe réuniſſent pour ſe réſoudre en pluie, c'eſt à une cauſe qui ſemble ne tenir eſſentiellement, ni au froid, ni à la chaleur, mais à un phénomène d'un genre différent.

Si le feu électrique eſt probablement l'agent qui tient les vapeurs véſiculaires dans l'état qui les conſtitue telles, la déperdition de ce feu ſubtil doit les obliger de ſe réunir; de-là la réduction de ces vapeurs en pluie.

Il feroit bien intéreſſant ſans doute de trouver un procédé qui nous mît ſur la voie de reconnoître l'eſpèce de fluide aériforme renfermé dans chaque bulle de vapeur. Eſt-ce un air que l'eau a ſaiſi & enveloppé lorſqu'elle a pris la forme ſphérique? ou bien cet air doit-il ſon origine à une modification particulière du fluide aqueux? Cette eſpèce de tranſmu-

tation de l'eau en air, qui fait depuis quelque tems l'objet des recherches du docteur Prieſtley, doit paroître moins ſurprenante depuis qu'on ſait que deux portions d'air inflammable, unies à une meſure d'air déphlogiſtiqué, produiſent, en les allumant avec une étincelle électrique, un poids d'eau égal à celui des deux airs; expérience auſſi curieuſe qu'importante, tentée d'abord en Angleterre, & démontrée depuis peu en France.

Il ſeroit digne d'un homme de génie, doué du goût & de l'art des expériences, d'en tenter une en grand, analogue à celle de la formation & de l'aſcenſion des nuages; l'on pourroit conſtruire pour cet objet une Machine aéroſtatique, dont l'enveloppe en ſoie ou en tout autre matière, ſeroit enduite d'un vernis réſineux propre à conſerver l'électricité des corps qui y ſeroient renfermés. Cette Machine ſeroit retenue ſur la partie de l'échafaud deſtiné à développer les vapeurs, par des cordons de ſoie qui ſerviroient à l'iſoler; elle ſeroit remplie à la manière de M. de Montgolfier; c'eſt-à-dire, au moyen d'un feu vif & clair; mais l'on auroit attention de placer ſur le réchaud un grand éolipile plein d'eau, que le feu réduiroit bientôt en vapeur, & que la flamme porteroit dans toute la capacité du Ballon;

l'on électriseroit sur-le-champ, à l'aide d'une bonne machine, & d'un conducteur disposé pour cet objet, cette masse de vapeur en activité; & après avoir armé l'enveloppe extérieure de quelques pointes propres à attirer l'électricité atmosphérique, on lâcheroit la Machine dans l'air, en la retenant avec de longs cordons de soie, pour être à portée par-là d'étudier les résultats qu'elle présenteroit, ou on l'abandonneroit à elle-même pour savoir combien de tems & à quelle hauteur elle se soutiendroit dans l'atmosphère, & ce qu'elle y deviendroit en cet état.

L'on pourroit varier ces expériences de bien des manières; & si je n'étois pas obligé d'abréger ce mémoire, qui n'est déjà peut-être que trop long, je proposerois d'autres essais; car l'habitude de voir la Machine aérostatique, & de l'étudier toutes les fois qu'on en a fait usage, m'a fait naître quelques idées nouvelles, & des projets d'expérience, dont l'exécution ne me paroît point impossible.

Enfin, pour en revenir au gaz de M. de Montgolfier, il reste encore une multitude de recherches à faire à ce sujet, & l'auteur en convient lui-même. La découverte est si nouvelle, qu'on s'est plutôt occupé à faire de grandes & belles expériences avec un moyen facile, &

qu'on avoit pour ainsi dire sous la main, sans frais, qu'à chercher à perfectionner le gaz, ou à donner la préférence à d'autres qui présentoient de très-grandes difficultés : mais actuellement qu'on est venu à bout d'enlever des poids considérables par ce premier moyen, c'est le moment de s'occuper à faire des recherches pour trouver des procédés plus commodes encore s'il est possible.

Le champ n'est point aussi borné qu'on pourroit le croire ; car l'on peut varier les essais, non-seulement avec diverses espèces de bois, mais avec du charbon végétal, en le privant de son gaz méphitique dans l'instant même où il brûleroit, ou avec du charbon fossile; les résines, & d'autres corps combustibles, qu'on tenteroit de mêlanger avec des substances salines, fourniroient peut-être des moyens heureux qui simplifieroient les opérations. Enfin il resteroit à imaginer des fourneaux, des espèces de cheminées, ou même des poêles plus avantageux & plus économiques pour l'entretien des Machines aérostatiques, que le réchaud dont on a fait usage; & la chimie est si avancée dans ce moment, qu'il faut espérer qu'elle nous fournira des moyens pour perfectionner une découverte qui fera à jamais époque dans les sciences.

DU CAOUTCHOUC,

Connu ſous le nom de gomme élaſtique ; & de la manière de diſſoudre cette ſubſtance.

LA gomme élaſtique ſe trouve dans la province des Eméraudes au Pérou, & découle d'un arbre nommé par les naturels du pays *hhévé*, qui jette par des inciſions qu'on y fait, un ſuc laiteux qui s'épaiſſit en l'expoſant au ſoleil ou à la fumée, & prend la conſiſtance la plus forte ; on en fait dans le pays des flambeaux d'un pouce de diamètre ſur deux pieds de longueur, qu'on enveloppe d'une feuille de bananier pour contenir la matière lorſqu'elle eſt enflammée, & comme cette ſubſtance gommo-réſineuſe s'allume avec facilité, ces flambeaux brûlent ſans méche.

L'arbre qui produit la gomme élaſtique, croît auſſi ſur les bords de la rivière des *Amazones* chez les *Omagnas*, & dans les environs de *Para* dans les miſſions eſpagnoles.

M. Freſnau, chevalier de l'ordre royal & militaire de S. Louis, & ingénieur à Cayenne, découvrit dans cette colonie, après de grandes recherches & beaucoup de peine, l'arbre qui produit la gomme élaſtique.

Voici la description qu'il en donne lui-même dans un mémoire qu'il adressa à M. de la Condamine en 1751.

« *L'arbre seringue*, ainsi nommé par les » Portugais du *Para*, *hhévé* par les habitans » de la province *Desmeraldaz*, & *caoutchouc* » chez les *Maïnaz*, est fort haut, très-droit, » ayant une petite tête, & sans autres branches » dans toute sa longueur. Les plus gros dans » la *Guiana* n'ont guère que deux pieds de » diamètre, & toutes leurs racines sont en terre. » Son tronc est plus gros vers sa base, & écail- » leux à-peu-près comme une pomme de pin. » La feuille ressemble assez à celle du *maniste*, » c'est-à-dire qu'elle est composée de plusieurs » feuilles de grandeur inégale, portées sur la » même queue, tantôt au nombre de cinq, » tantôt de quatre, & plus ordinairement de » trois. Les plus grandes feuilles qui occupent » le centre, ont environ trois pouces de lon- » gueur, & trois quarts de pouce de largeur; » elles sont d'un vert clair en dessus, & plus » pâles en dessous.

» Le fruit de cet arbre est une coque triangu- » laire, semblable par sa figure au fruit du *ricin* » ou *palma christi*, mais il est beaucoup plus » gros. La substance de la coque est épaisse » & ligneuse; cette coque a trois tiges, qui

» renferment chacune une ſeule ſemence ovale
» & de couleur brune, où ſe trouve une
» amande ».

M. Freſnau ne s'étoit pas contenté de faire des recherches ſur l'arbre qui produit la gomme élaſtique, mais il s'étoit appliqué à des travaux chimiques ſur cette matière ; il avoit trouvé avant 1751, l'art de la diſſoudre dans l'huile de noix, en la tenant ſimplement en digeſtion ſur les cendres chaudes ou ſur un bain de ſable, ainſi qu'on peut le voir dans les Mémoires de l'académie royale des ſciences.

M. Berniard, chimiſte laborieux & exact, a fait auſſi de nombreuſes expériences ſur la gomme élaſtique ; il a publié dans le tome XVII du Journal de Phyſique, Avril 1781, pag. 265, un mémoire très-intéreſſant, dans lequel on trouve pluſieurs manières de diſſoudre la gomme élaſtique; l'on y apprend que les huiles eſſentielles de lavande, d'aſpic & de térébenthine, expoſées à la chaleur d'un bain de ſable, & mêlées avec de la gomme élaſtique, coupée en petits morceaux, ainſi que les huiles tirées par expreſſion, telles que l'huile de noix, celles d'olive, de lin, de pavot, &c. diſſolvent la gomme élaſtique ; mais l'eſpèce de vernis qu'elles forment dans cette circonſtance,
eſt

eſt très-difficile & très-long-tems à ſécher (1).

M. Berniard, au reſte, ne faiſoit pas toutes ces recherches dans l'intention de ſe procurer des vernis à la gomme élaſtique; ſon but principal étoit de diſſoudre cette ſubſtance, en lui conſervant toute ſon élaſticité, afin de pouvoir lui donner des formes utiles & favorables aux arts, & c'eſt à quoi il avoue qu'il n'a pu parvenir; de ſorte qu'on peut regarder les diſſolutions qu'il a obtenues, plutôt comme la matière de la gomme élaſtique réduite en une eſpèce de mucilage, que comme une véritable diſſolution, ſemblable à celle que fourniſſent les corps véritablement réſineux, lorſqu'on les met en digeſtion dans les eſprits ardens.

Je ne conſeillerois donc guère l'uſage de la gomme élaſtique pour les Machines aéroſtatiques, même en la diſſolvant beaucoup mieux que ne l'ont fait MM. Robert; car un grand nombre de perſonnes poſſédent à Paris des échantillons du Ballon du Champ de Mars, qui ne ſont nullement ſecs encore & qui ſe collent étroitement les uns contre les autres,

(1) D'après des faits auſſi poſitifs, je crois que MM. Robert ont eu tort d'avancer dans le Journal de Paris, qu'ils avoient trouvé l'art de diſſoudre la gomme élaſtique.

quoiqu'il y ait plus de deux mois qu'ils soient vernis ; ils sont d'ailleurs pleins de grumeaux, & une chaleur un peu forte fait fondre la gomme élastique qu'on y a employée.

Il vaut donc beaucoup mieux se servir du vernis à la *copale* ou au *succin*, & l'on en trouve de très-bien préparé chez M. Watin, *près de la porte Saint-Martin*. Ces vernis sèchent au bout de deux ou trois jours ; ils donnent au taffetas du brillant, de la souplesse, & ils sont imperméables à l'air. M. Meignier, ingénieur en instrumens de mathématique, dont la probité égale les talens, & à qui l'on peut s'en rapporter en toute assurance pour construire des Machines aérostatiques en taffetas ou en toile, en a fait plusieurs, & entr'autres, un pour M. le duc de Crillon, en taffetas verni à la gomme *copale*, qui a eu le plus heureux succès, puisqu'il est resté en l'air 12 heures, tandis que celui du Champ de Mars ne s'y soutint que quarante-cinq minutes.

Cependant comme il peut arriver des cas à l'avenir où la gomme élastique seroit utile, je vais donner ici un procédé pour la dissoudre.

Prenez une livre d'esprit de térébenthine, une livre de gomme élastique, coupée en très-petits morceaux avec des ciseaux ; versez l'esprit

de térébenthine dans un matras à long col, que vous placerez sur un bain de sable chaud, jettez la gomme élastique, non à la fois, mais par pincées à mesure que vous appercevrez qu'elle se dissout. Lorsqu'elle sera fondue, versez dans le matras une livre d'huile de noix, ou de lin, ou de pavot rendue dessiccative à la manière accoutumée, c'est-à-dire avec de la litharge, vous laisserez bouillir le tout pendant un quart-d'heure, & la préparation sera faite.



LETTRE

A M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

J'APPRENS, Monſieur, que vous êtes ſur le point de donner au Public qui l'attend avec impatience, un Précis hiſtorique de la première expérience aéroſtatique faite par MM. de Montgolfier à Annonay, de celle qui a été répétée à Verſailles par un des deux frères, & de celle qui fut faite le 27 août dernier au Champ de Mars.

Les liaiſons que vous avez avec M. de Montgolfier, vous mettent ſans doute plus à portée qu'un autre de rendre un compte exact de la belle & ſublime expérience que les deux frères ont imaginée & exécutée les premiers à Annonay.

Ces mêmes liaiſons & l'attention extrême que vous avez donnée à celle de Verſailles, jointes aux ſoins que vous avez pris pour en recueillir de la bouche des témoins oculaires tous les détails que vous n'avez pas pu voir par vous-même, doivent rendre le précis que vous vous propoſez d'en donner, également exact & inſtructif, & quant à l'expé-

rience faite au Champ de Mars le 27 août dernier, vous en êtes certainement plus inſtruit que perſonne, puiſque c'eſt vous qui le premier avez ſongé à répéter l'expérience d'Annonay, qui avez imaginé la matière dont le Ballon devoit être fait, enduit & rempli, qui pour obtenir les fonds néceſſaires à la conſtruction de cette Machine, avez formé & animé une ſouſcription nationale, & puiſque c'eſt vous enfin que cette ſouſcription a nommé ſon chef & à qui elle a donné ſon plein pouvoir pour diriger cette célèbre expérience.

Vous avez fait plus, Monſieur; animé du déſir d'immortaliſer le nom des auteurs de cette grande découverte, vous avez ouvert une nouvelle ſouſcription pour préſenter à MM. de Montgolfier une médaille frappée à leur honneur, & qui fût un monument éternel de leur gloire & de l'admiration de leurs concitoyens.

Cette nouvelle ſouſcription vous a, ainſi que la première, choiſi pour chef du comité qui devoir déterminer le deſſin de la médaille.

C'eſt en cette qualité que vous avez bien voulu adopter l'inſcription que je vous ai propoſée pour cette médaille; & c'eſt auſſi,

comme au chef de cette ſouſcription, que j'ai l'honneur de vous adreſſer cette lettre, dans laquelle je me propoſe de répondre aux principales objections que j'ai entendu faire contre cette inſcription.

Ce n'eſt point ſeulement pour défendre la propriété de l'expreſſion de cette exergue, à laquelle j'attache, comme vous le jugez bien, très-peu d'importance, que je vais m'occuper ici avec vous de cet objet ; mais outre que je ſuis trop flatté de votre ſuffrage pour ne pas chercher à juſtifier votre choix, c'eſt principalement pour faire ſentir autant que je le pourrai, la beauté & l'importance de la découverte à laquelle cette exergue fait alluſion, que je vais diſcuter les objections dont il s'agit. Vous me permettrez s'il vous plaît d'entrer en matière ſans autre introduction.

Exergue de la Médaille.

A ETIENNE ET JOSEPH DE MONTGOLFIER,
POUR AVOIR RENDU L'AIR NAVIGABLE.

Des objections qu'on a faites contre cette exergue, la première me ſemble être purement grammaticale & ne mérite pas, à ce titre, un fort long examen.

La ſeconde attaque le fond de la penſée,

& tendroit ſi, elle étoit fondée, à diminuer la beauté de la découverte de MM. de Montgolfier; je crois donc par cette raiſon devoir m'en occuper plus ſérieuſement & la diſcuter avec toute l'étendue qu'elle exige.

La première objection ſe réduit à dire qu'on vole dans l'air, qu'on nage dans l'eau & qu'on navige ſur la ſurface de ce dernier élément; que l'idée de navigation emporte celle d'un corps ſolide ſoutenu ſur la ſurface d'un fluide; que l'expreſſion de *navigable* ne peut donc être appliquée à un fluide tel que l'air, ſur la ſurface duquel aucun corps ſolide ne peut être tranſporté : que d'ailleurs ce n'eſt point ici l'air qui a été rendu propre à tranſporter des corps ſolides, mais que ce ſont des corps ſolides qui ont été rendus propres à être tranſportés dans l'air, & que par conſéquent l'expreſſion de l'exergue eſt inexacte ſous ces deux rapports.

Je réponds, que l'expreſſion de *voler* & de *nager*, ne me paroît applicable avec quelque propriété qu'à des animaux vivans; que pour qu'un fluide puiſſe être appelé navigable, il importe peu que ce ſoit à la ſurface ou dans la profondeur même de ce fluide, que les corps ſolides ſoient tranſportés, & que ſi ce n'eſt pas, à proprement parler, l'air qui

a été rendu capable de tranſporter des corps ſolides, mais ſi ce ſont des corps ſolides qui ont été rendus propres à être tranſportés dans l'air, l'air n'en eſt pas moins, par cette découverte, devenu capable d'opérer ce tranſport, & qu'on peut donc ainſi dire métaphoriquement que cette découverte l'a rendu navigable. J'ajouterai que cette métaphore me ſemble même moins hardie qu'un grand nombre de celles qui ſont d'un uſage familier dans notre langue, & que ſi on fait attention à la difficulté dont eſt le ſtyle lapidaire dans nos idiomes modernes, il me paroît qu'on peut & qu'on doit même admettre celle-ci ſans ſcrupule.

Au reſte comme cette objection ne porte que ſur la juſteſſe d'une expreſſion à laquelle je prends un intérêt aſſez léger, je lui laiſſerai volontiers toute la force qui peut lui reſter, & je paſſerai à l'examen de la ſeconde objection, qui pénètre davantage dans le fond de la queſtion, & qui à toute ſorte d'égards, mérite une diſcuſſion plus détaillée. C'eſt à l'éclairciſſement de cette objection que je vais donc m'attacher, & que je veux conſacrer le peu de tems qui me reſte pour vous écrire.

Les perſonnes qui font cette objection diſent que pour qu'un fluide puiſſe être ap-

pelé navigable, il ne suffit pas qu'il puisse transporter ou plutôt emporter quelques corps solides ; mais qu'il faut qu'il puisse transporter des hommes, sans qu'ils courent un danger presque certain de périr ; que s'il y avoit quelques mers sur lesquelles, de cent vaisseaux qui y navigueroient, il en échappât à peine un seul, on diroit avec beaucoup de raison & de propriété, que ces mers ne sont point navigables, & qu'il paroît par les seules expériences aérostatiques qui aient encore été faites, que les hommes qui se hazarderoient à naviguer dans l'air avec ces Machines, y courroient au moins autant de risques que ceux qui navigueroient sur les mers dont nous parlons.

On observe que la Machine aérostatique d'Annonay, après s'être élevée à une assez grande hauteur, n'y est restée que très-peu de tems, & est bientôt retombée par son propre poids, parce qu'elle n'a pas pu conserver le gaz qu'elle contenoit en assez grande quantité pour la soutenir. On remarque que celle de Versailles, après s'être élevée à une moindre hauteur que celle d'Annonay, a eu précisément le même sort, & que le Ballon du Champ de Mars après être monté à une hauteur inconnue, & avoir parcouru un es-

pace de dix mille toiſes, a été déchiré dans l'air par la rupture d'équilibre entre le reſſort du gaz qu'il renfermoit & celui de l'air qui l'environnoit, de façon que ces expériences ſemblent bien plus faites pour effrayer ſur les dangers que courroient ceux qui oſeroient ſe hazarder à voyager avec de ſemblables Machines, qu'elles ne ſont propres à encourager à en faire uſage.

On obſerve de plus que de ces Machines ſi fragiles & qui n'ont pu ſe ſoutenir dans l'air que ſi peu de tems, il n'y avoit que celle de Verſailles qui fût chargée de quelque poids, & qu'il eſt très-vraiſemblable que les autres auroient encore été bien plutôt endommagées, & ſe feroient ſoutenues bien moins longtems, ſi on leur eût donné à porter les poids qu'elles devoient élever.

On ajoute enfin que quand on pourroit faire ces Machines d'un tiſſu aſſez ſerré pour ne point laiſſer échapper le gaz qu'elles contiennent, & aſſez ſolides pour réſiſter à l'effort du poids dont on les chargeroit, ou à celui qu'elles pourroient éprouver par la rupture d'équilibre entre le reſſort du gaz qu'elles renferment & celui de l'air dont elles ſont environnées; encore faudroit-il avoir le moyen de les diriger à volonté, pour qu'elles puſſent

être d'aucun uſage & ſervir d'inſtrument à une navigation proprement dite, & on finit par remarquer que puiſque les moyens de diriger ces Machines ſont inconnus, & que MM. de Montgolfier n'en ont donné aucun, l'exergue qui leur attribue la gloire d'avoir rendu l'air navigable, paroît plutôt reſſembler à une prophétie ou même à une fanfaronade, qu'être l'expreſſion juſte & modeſte de la découverte de ces Meſſieurs.

Cette objection raſſemble bien des difficultés & mérite d'autant plus d'être diſcutée dans toutes ſes parties, qu'elle paroît attaquer à la fois & ma ſincérité, & la gloire de MM. de Mongolfier.

Je déclare d'abord que loin d'avoir prétendu exagérer dans cette exergue l'importance de la découverte de MM. de Montgolfier, je me reproche au contraire de n'avoir pu en faire aſſez ſentir le mérite; que je ſuis intimément perſuadé que l'invention des Machines aéroſtatiques renferme manifeſtement celle du moyen qui rend poſſible la navigation dans l'air, & que la poſſibilité de cette navigation m'a paru être une conſéquence ſimple, directe & immédiate de cette découverte.

Je déclare de plus, que quoique MM. de Montgolfier n'aient fait part au Public d'aucun

moyen de conduire à volonté les machines aéroſtatiques dans l'air, je n'en ſuis pas moins perſuadé qu'ils en connoiſſent de très-bons.

J'ai entendu dire à M. de Montgolfier, qui eſt actuellement à Paris, qu'il ſavoit des moyens de diriger en tous ſens ces machines, & je le connois pour trop honnête, trop modeſte & trop éclairé, pour avoir le moindre ſoupçon qu'il voulût ſe vanter d'avoir une connoiſſance qu'il n'auroit pas, ou pour craindre qu'il ait pu ſe tromper ſur une matière qu'il doit avoir autant méditée.

Cependant comme MM. de Montgolfier n'ont point encore en effet communiqué au Public leur manière de ſe rendre maître des mouvemens des Machines aéroſtatiques dans l'air, & qu'il s'agit ici de juſtifier mon exergue & ſur-tout ma ſincérité, j'indiquerai les moyens qui ſe ſont préſentés à mon eſprit pour diriger ces Machines, après que j'aurai tâché de répondre aux difficultés qu'on propoſe relativement à leur peu de ſolidité & d'imperméabilité, & j'attendrai avec grande curioſité que M. de Montgolfier ait enſeigné les moyens qu'il a pour conduire ces Globes, bien perſuadé qu'ils ſeront meilleurs & préférables à tous ceux que j'ai pu imaginer. Revenons s'il vous plaît aux autres parties de l'objection.

Il paroît injuſte de décider qu'aucune Machine aéroſtatique ne peut ſe ſoutenir long-tems dans l'air, d'après trois premières expériences, dont deux n'étoient évidemment point faites dans le deſſein de les en rendre capables. MM. de Montgolfier n'avoient pour objet, dans l'expérience d'Annonay, que de montrer qu'un corps d'un poids conſidérable pouvoit s'élever de lui-même dans l'air & y demeurer même quelque tems, & la matière dont ils avoient fait leur machine, ainſi que le peu de ſoin qu'ils avoient pris de la rendre propre à conſerver le gaz dont elle étoit remplie, prouvent ſans réplique qu'ils n'avoient point eu pour but de la rendre propre à reſter long-tems ſuſpendue dans l'air, & qu'ils ne pouvoient avoir aucune eſpérance à cet égard.

La Machine aéroſtatique de Verſailles étoit faite à la vérité, d'une matière plus ſolide que celle d'Annonay, & ſes parties en étoient réunies avec plus de ſoin; mais il n'en eſt pas moins vrai que M. de Montgolfier n'avoit point prétendu qu'elle dût ſe ſoutenir long-tems dans l'air, & d'ailleurs la précipitation extrême avec laquelle on fut obligé de la faire, avoit été cauſe qu'il y étoit reſté dans le haut quelques défauts, qui en ont occaſionné la rupture.

Cette admirable expérience n'en prouve

pas moins deux choſes également importantes: elle démontre d'abord, que ces Machines peuvent non-ſeulement s'élever d'elles-mêmes, mais qu'elles peuvent encore enlever avec facilité les poids dont on les charge, pourvu que ces fardeaux ſoient dans une proportion convenable avec le volume & le poids de la Machine ; cette expérience ſert encore à prouver, que, dans le cas où il arriveroit quelqu'accident à ces Machines, elles retomberoient aſſez lentement, pour que les hommes qui ſeroient tranſportés par elles, ne couruſſent aucun riſque d'être bleſſés, & le bon état dans lequel on a trouvé le mouton, qui étoit ſuſpendu à cette Machine, ainſi que la tranquillité avec laquelle il broutoit le foin qui étoit dans ſa cage, ſont des ſignes certains qu'il n'avoit éprouvé aucune ſecouſſe ni aucune incommodité, ſoit en s'élèvant, ſoit en retombant.

La Machine aéroſtatique du Champ de Mars étoit faite pour s'élever plus haut & pour ſe ſoutenir en l'air bien plus long-tems que les deux dont nous venons de parler. Pour éprouver le taffetas dont ce Globe étoit compoſé, on en avoit fortement attaché un morceau ſur un récipient découvert, on avoit fait le vuide juſqu'à ce que l'éprouvette fût deſcendue au-

dessous d'un pouce ; on avoit répété cette épreuve un grand nombre de fois, sans que ce morceau de taffetas parût fatigué, & on s'étoit ainsi assuré que cette étoffe étoit d'une force considérable & qu'elle étoit absolument imperméable à l'air. Il ne manquoit, pour avoir en petit une Machine aussi parfaite qu'on pût la désirer, que de se moins presser de jouir de cette expérience, & de donner à l'enduit tout le tems nécessaire pour sécher.

Telle qu'étoit cette Machine, elle perdoit peu de l'air inflammable dont elle étoit remplie, & si l'on eût exécuté les ordres que vous aviez donnés & que vous étiez en droit de donner comme chef & syndic des souscripteurs, le Ballon se seroit soutenu bien plus long-tems, & l'expérience eût été bien plus instructive qu'elle n'a pu l'être.

Vous aviez prévu, & tous les physiciens étoient en cela d'accord avec vous, que si on remplissoit entièrement le Ballon, une sphère d'un aussi grand diamètre ne pourroit résister à l'expansion de l'air inflammable qu'elle renfermoit, quand le ressort de ce gaz ne seroit plus contre-balancé par un air assez dense pour lui opposer une force égale à la sienne. Ce Ballon étant en effet d'une légèreté beaucoup plus grande qu'un volume d'air correspondant

au ſien, a dû monter à une hauteur, où l'air, à cauſe de ſa grande expanſion, n'a pu s'oppoſer au reſſort du gaz qu'il renfermoit; & où la force de l'étoffe n'a pu réſiſter à ſon effort; au lieu que s'il eût été moins rempli, il ſeroit d'une part monté beaucoup moins haut, & d'un autre côté le gaz ayant de l'eſpace pour s'étendre, n'auroit pu employer ſa force à déchirer le Ballon. Il paroît hors de doute que c'eſt long-tems avant que le Ballon ait pu atteindre juſqu'à ſon point d'équilibre, que s'eſt faite la rupture qui a occaſionné ſa chûte, & qui a privé le Public des connoiſſances que le ſuccès de cette expérience eût pu lui procurer.

Si l'expérience eût auſſi bien réuſſi qu'elle l'auroit dû, on auroit pu eſpérer de ſavoir à quelle hauteur le Ballon ſeroit monté, quel auroit été le tems qu'il auroit employé à s'élever & à ſe fixer à ſon point d'équilibre, le tems qu'il auroit pu ſe ſoutenir avant d'avoir perdu aſſez d'air inflammable pour devenir plus lourd qu'un volume d'air atmoſphérique égal au ſien, le chemin qu'il auroit fait pendant cet eſpace de tems, les vents qui auroient régné dans ces régions ſupérieures, &c.

C'eſt pour obtenir ces réſultats ſi intéreſſans, que vous aviez ordonné le matin en ma préſence,

préſence, de ne pas remplir le Ballon plus qu'il ne l'étoit alors; mais l'opiniâtreté & la charlatanerie des gens qui s'étoient emparés de la Machine, ſe ſont refuſées à vos vues. N'ayant eu d'autre mérite que celui d'avoir coupé & enduit le Ballon, ils ont abſolument voulu montrer au Public qu'ils ſavoient faire une boule bien ronde, & ont tout ſacrifié à une gloire auſſi frivole.

Quoi qu'il en ſoit, il eſt facile d'empêcher les Ballons qu'on voudroit ainſi abandonner, de ſe déchirer, quelque légers qu'ils fuſſent & à quelque hauteur qu'ils puſſent monter, & le moyen que vous vouliez employer, qui conſiſtoit à ne pas remplir entièrement le Ballon, eſt ſimple & ſuffiſant.

Si on vouloit au contraire remplir exactement ces Ballons, on pourroit y ajuſter une ſoupape à reſſort, par laquelle s'échapperoit néceſſairement le gaz qu'ils renfermeroient, quand il viendroit à ſe dilater au point de vaincre la réſiſtance du reſſort de la ſoupape; mais il faudroit, en ce cas, que cette réſiſtance fût moindre que celle de l'étoffe dont les Ballons ſeroient compoſés. Il eſt évident que par ce moyen le gaz renfermé dans ce Ballon ne pourroit le déchirer, puiſqu'il trouveroit une moindre réſiſtance dans le reſſort

de la ſoupape qu'il n'en éprouveroit de la part de l'étoffe ; & il arriveroit alors que lorſqu'il ſeroit ſorti du Ballon une aſſez grande quantité de gaz, pour que la force de celui qui y reſteroit ne fût pas ſupérieure à celle de l'air environnant, le reſſort de la ſoupape n'étant plus pouſſé en dehors par une force plus grande que celle de l'air extérieur, ſe rétabliroit de lui-même & refermeroit la ſoupape, & qu'ainſi la force expanſive du gaz ſeroit toujours à-peu-près en équilibre avec la force de l'air, à quelque hauteur que les Ballons fuſſent tranſportés.

Si en rempliſſant exactement ces Ballons, on vouloit empêcher encore plus ſûrement qu'ils ne fuſſent déchirés par l'expanſion du gaz qu'ils renferment & en prévenir en même-tems toute déperdition, voici un autre moyen qui répond à ces vues. En attachant au-deſſous du Ballon rempli de gaz, & qu'on veut abandonner, un Ballon d'une capacité à-peu-près égale qu'on aura bien privé d'air atmoſphérique, & en établiſſant une communication libre entre les deux Ballons au moyen d'un robinet ouvert, on ſera ſûr que dès que le reſſort du gaz contenu dans le Ballon ſupérieur ſera plus fort que celui de l'air environnant, le gaz paſſera tranquillement dans

le Ballon inférieur & qu'il remontera enſuite par ſa légéreté dans le Ballon ſupérieur, auſſitôt que l'air environnant acquerra une plus grande force comprimante; de façon que la force du reſſort du gaz & celle de l'air ſeront toujours dans un parfait équilibre, & que le Ballon n'aura aucun effort à craindre de la part du gaz qu'il contient.

Au reſte, comme mon but principal eſt de prouver la poſſibilité de la navigation dans l'air, & puiſque les Ballons, avec leſquels on navigeroit, ne monteroient point avec un mouvement auſſi rapide que celui du Champ de Mars, & ne pourroient par conſéquent courir le riſque dont il eſt queſtion, qu'à des hauteurs ſi grandes qu'elles pourroient être incommodes, ou effrayeroient au moins l'imagination des premiers navigateurs; il eſt inutile d'en dire davantage ſur cet article, & nous allons nous occuper des précautions néceſſaires pour garantir les hommes qui voudroient ſe hazarder à naviguer dans ce nouvel élément, de tous les dangers auxquels cette tentative pourroit les expoſer.

Cependant, en obſervant que la Machine de Verſailles & le Ballon du Champ de Mars ont été tous deux déchirés dans leur partie ſupérieure, & en faiſant attention que la partie

ſupérieure des grandes Machines aéroſtatiques eſt celle qui fatigue le plus quand il s'agit de les hiſſer pour les remplir, & qui eſt en même temps la plus expoſée à l'effort du gaz qui tend toujours en haut; il paroît qu'il ſeroit prudent de renforcer les parties ſupérieures de ces Globes, & de s'appliquer ſur-tout à connoître quelles ſont les qualités déſirables dans les matières qu'on voudroit employer à la conſtruction de ces Machines.

Il eſt eſſentiel pour aſſurer le ſuccès des voyages dans les airs, que les étoffes ou les matières, dont ſeront compoſées les Machines aéroſtatiques, ſoient aſſez fortes pour réſiſter à l'effort des poids dont elles ſeront chargées, & quoiqu'il ſoit à déſirer qu'elles ſoient légères, il eſt encore plus important qu'elles ſoient ſolides, parce qu'on peut ſuppléer à la légéreté des étoffes en donnant plus de volume aux Machines; & c'eſt par conſéquent à fabriquer les étoffes les plus fortes, les plus ſouples, les plus légères & les plus ſerrées qu'il ſoit poſſible, que les ouvriers qui travailleront pour les Machines aéroſtatiques doivent s'appliquer; mais à quelque degré de perfection qu'on porte à cet égard la fabrication, il paroît bien difficile qu'on puiſſe jamais parvenir à faire des étoffes d'un tiſſu aſſez ſerré, pour

qu'elles ſoient abſolument imperméables, ſoit à l'air atmoſphérique, ſoit aux différens gaz ſi ſubtils, dont les Machines aéroſtatiques peuvent être remplies, ſur-tout quand ces étoffes ſeront tendues & tirées par les poids dont ces Globes ſeront chargés. Il eſt donc vraiſemblable que les étoffes, quelles qu'elles ſoient, auront toujours beſoin d'être peintes pour être employées aux Ballons aéroſtatiques, & l'art des vernis va par cette raiſon acquérir un nouveau degré d'importance.

Les vernis propres à enduire les Machines aéroſtatiques, doivent être les plus ſolides, les plus légers, les plus ſouples & les plus inattaquables, ſoit à l'acide de l'air, ſoit aux différens gaz dont ces Machines peuvent être remplies. Il en exiſte d'excellens, & qui ont toutes ces qualités à un très-haut degré: les vernis à la gomme élaſtique, à la gomme copale & au ſuccin, ſont preſqu'également bons, & les progrès rapides que les arts font ſous nos yeux, ne laiſſent guère lieu de douter que tous les objets qui entrent dans la compoſition des Machines aéroſtatiques, ne parviennent bientôt à un degré de perfection difficile à être ſurpaſſé. Mais en rendant juſtice à l'induſtrie humaine, j'avoue cependant que je ſuis porté à penſer qu'il eſt à cet égard un point auquel

les arts ne pourront jamais atteindre, & que les membranes & les peaux des animaux auront toujours de l'avantage relativement à la force & à l'imperméabilité ſur toutes les étoffes qu'on pourra inventer.

Peut-on croire qu'il exiſte jamais une étoffe auſſi fine que cette péllicule de l'inteſtin du bœuf, dont on fait les petits Ballons qu'on vend maintenant à Paris, & qui ſoit en même-tems auſſi imperméable, ſoit à l'air atmoſphérique, ſoit à l'air inflammable ? Les veſſies des animaux ne ſont-elles pas d'un uſage plus ſûr pour conſerver de l'air, que toutes les étoffes que l'on pourroit fabriquer ?

Les fables anciennes qui repréſentent les vents comme renfermés dans des outres, l'uſage conſtant de tous les ouvriers qui font les Ballons, avec leſquels on joue dans les collèges, & celui des ouvriers qui font les ſoufflets de toutes grandeurs, ne prouvent-ils pas que de tems immémorial l'expérience a appris que de toutes les ſubſtances qui ont quelque ſoupleſſe, la peau des animaux eſt la plus propre à conſerver l'air qu'on lui confie ?

Ce que nous venons de dire de l'imperméabilité des peaux, comparée à celle des étoffes, peut avec autant de raiſon ſe dire de leur force. On ne connoît aucune étoffe qui

à épaiſſeur égale, ſoit capable d'autant de réſiſtance qu'un cuir bien tanné, & l'on peut remarquer tous les jours, que lorſque les marchands veulent vanter la force d'une étoffe, ils la comparent à celle du cuir par une eſpèce d'exagération.

Toutes ces raiſons m'induiſent à croire que c'eſt principalement ſur les peaux des différens animaux que l'induſtrie devroit s'exercer pour porter les Machines aéroſtatiques au point de perfection dont elles ſont ſuſceptibles ; & comme, malgré toutes les qualités que nous venons de lui reconnoître, le cuir a le défaut d'être peſant, c'eſt donc à lui ôter cette imperfection qu'on devroit ſur-tout s'appliquer ; & l'on peut prédire ſans crainte, que la nation qui trouvera le moyen de rendre les cuirs plus ſouples & plus légers, en leur conſervant leur force, ſera celle qui tirera les plus grands avantages des Machines aéroſtatiques.

Au reſte, je ne veux point finir cet article ſans rendre compte d'une idée ingénieuſe de don Gauthey, qui peut être de quelque utilité, & qui trouve ici ſa place très-à-propos.

Il pourroit peut-être arriver qu'on trouvât un jour quelque matière ſolide & ſans ſoupleſſe qui ſeroit préférable au cuir même pour la conſtruction des Machines aéroſtatiques, &

l'on ſent qu'il ſeroit alors impoſſible de les tordre ou de les comprimer pour en faire ſortir l'air commun qu'elles contiendroient, avant de les remplir du gaz dont on voudroit les animer. Dans ce cas, don Gauthey propoſe d'introduire dans le Ballon inflexible un autre Ballon d'un volume égal & d'une étoffe très-mince & très-ſouple, telle que ſeroit du taffetas gommé, & qui ſeroit bien tordu, & par conſéquent bien privé d'air. Il veut enſuite, qu'après avoir fait un petit trou au Ballon extérieur, ou y avoir poſé un petit robinet qu'on laiſſera ouvert pour en laiſſer échapper l'air, on lie fortement les deux Ballons au robinet, par lequel on introduira le gaz dans le Ballon intérieur & flexible. De cette manière, le gaz en rempliſſant & en gonflant ce ſecond Ballon, obligera tout l'air contenu dans l'autre à s'échapper par l'ouverture qu'on y aura faite à ce deſſein : le Ballon intérieur étant d'un volume égal à celui du premier Ballon, celui-ci ſe trouvera entièrement rempli de gaz, & tout-à-fait privé d'air atmoſphérique ; & bouchant enſuite le petit trou, ou fermant le petit robinet, on aura un Ballon ſolide, exactement rempli de gaz, & privé de l'air commun qu'il contenoit.

Ainſi, après avoir tâché d'indiquer la ma-

nière de conſtruire des Machines aéroſtatiques ſolides, & avoir pourvu autant que nous le pouvions à la ſûreté des hommes qui s'en ſerviroient, nous allons nous occuper des moyens qui nous ont paru propres à diriger ces Machines, après avoir cependant dit un mot des différens gaz qu'on peut mettre en uſage pour leur donner de l'activité.

L'étude des gaz eſt aſſez nouvelle, & la ſcience n'en eſt par conſéquent point encore fort étendue. On connoiſſoit quelques gaz alkalins plus légers que l'air, & il paroît que M. de Montgolfier emploie quelques matières alkalines pour former le ſien. Ce gaz, par la modicité de ſon prix & par la facilité auſſi bien que par la promptitude avec laquelle il eſt produit, a ſous ce rapport des avantages infinis ſur tous les autres, & l'expérience de Verſailles en fut une preuve évidente. C'étoit une choſe véritablement admirable, & qui ſembloit tenir du prodige, que de voir une toile qui ſervoit de tapis à un échaffaud, s'enfler graduellement par une cauſe inviſible, & préſenter enſuite en ſept minutes de tems aux yeux de cent cinquante mille ſpectateurs, une eſpèce de Globe d'une forme & d'une grandeur majeſtueuſe, qui s'éleva enfin de lui-même à la hauteur de 300 toiſes avec tranquillité ; &

quand on venoit à apprendre que la cauſe d'un phénomène auſſi impoſant n'étoit due qu'à la combuſtion de 50 livres de paille & de 5 livres de pouſſière de laine, la ſurpriſe qu'il avoit cauſée étoit encore plutôt accrue que diminuée.

Cependant quelqu'admirables que ſoient les effets de ce gaz, comme il n'eſt point encore aſſez bien connu, & qu'on ignore à quel point il peut être irréductible, je m'abſtiendrai d'en parler, & je laiſſerai au tems & à l'expérience à faire juger de ſon mérite.

Les meilleurs gaz à employer dans les Machines aéroſtatiques, ſeront toujours les plus légers, les plus irréductibles, les plus inaltérables, les plus faciles à faire, & qui pourront être produits le plus promptement & au prix le plus vil. C'eſt ſans doute à la recherche de pareils gaz que la chimie va s'occuper & ſoumettre, pour y réuſſir, toutes les ſubſtances de la nature, ſeules & combinées à tous les degrés de feu & à tous les procédés dont elle pourra faire uſage; & ſi la nature lui en refuſe de plus parfaits que ceux que nous connoiſſons, il faut au moins eſpérer qu'elle réuſſira à rendre plus facile en grand la manipulation de ceux qui ſont déjà trouvés.

L'air inflammable que vous aviez indiqué

pour remplir le Ballon du Champ de Mars, eſt, de tous les gaz connus, le plus léger ; il n'eſt réductible que par l'inflammation, & il eſt inaltérable au point d'avoir été conſervé des années entières dans des vaiſſeaux de verre, ſans avoir été détérioré. Mais ce gaz ſi parfait d'ailleurs, a le défaut d'être un peu cher & d'une manipulation aſſez difficile en grand. A l'égard de la manipulation, il ſemble qu'on ait déjà fait quelques progrès, & l'appareil dont on s'eſt ſervi dans une expérience que vous avez faite depuis peu, rend l'introduction de cet air plus facile & moins dangereuſe pour le Ballon.

On doit ſe flatter de même, qu'une ſubſtance auſſi commune, & que la nature & les arts nous offrent à l'envi, deviendra bientôt à vil prix. On ſait que la fermentation putride en produit beaucoup, que les eaux croupiſſantes & les marais en fourniſſent en abondance, & que dans les manufactures de vitriol martial on laiſſe évaporer tout celui qui s'y forme : il paroît donc impoſſible que ce gaz ne diminue pas de valeur, quand on s'occupera à l'aller chercher dans les magaſins immenſes que la nature nous en préſente ; & que dans les atteliers où il s'en perd journellement des quantités conſidérables, on ſongera

à le conſerver. Il eſt même à préſumer, ſi l'air inflammable eſt le gaz qu'on préfère pour remplir les Machines aéroſtatiques, que lorſque l'uſage de ces Machines ſera devenu commun, il s'établira des marchands qui en feront commerce, & qui en auront des magaſins, de façon qu'on n'aura plus la peine de le manipuler ſoi-même, & que cet air étant chez les marchands, renfermé dans des outres, on pourra remplir les Machines aéroſtatiques, quelque grandes qu'elles ſoient, ſans le moindre embarras.

J'ignore en effet ſi l'on s'eſt aſſuré que l'air inflammable des marais eſt de la même légèreté que celui qui eſt produit par la diſſolution du fer par l'eſprit de vitriol : on dit celui tiré du zinc encore plus léger; mais comme celui qui eſt produit par la diſſolution du fer, eſt plus connu & plus éprouvé que les deux autres, j'avertis que c'eſt avec cet air que je ſuppoſerai remplie la Machine aéroſtatique que je vais tâcher de diriger.

Il feroit à ſouhaiter ſans doute qu'on pût ſe paſſer de tous ces gaz, quelque bons qu'on les ſuppoſe, & qu'il fût poſſible de faire avec un métal quelconque, des Globes qui, ſans être d'une grandeur démeſurée, & étant aſſez ſolides pour ſupporter un vuide intérieur

abſolu, fuſſent pourtant aſſez légers pour peſer moins que le volume d'air qu'ils déplaceroient, quand on auroit pompé celui dont ils ſeroient remplis. De telles Machines ſeroient certainement plus ſolides & plus imperméables qu'aucune de celles qu'on pourroit faire avec la meilleure étoffe ou le meilleur cuir, & ſeroient auſſi bien plus faciles à diriger verticalement que celles qui ſeroient pleines du meilleur gaz, puiſque pour les faire plus ou moins monter ou deſcendre, il ſuffiroit d'y laiſſer rentrer ou d'en faire ſortir plus ou moins d'air. Mais il eſt dans preſque tous les arts un point de perfection auquel on tend, & dont on approche toujours ſans pouvoir l'atteindre; & ce que je propoſe ici eſt peut-être le point de perfection auquel les conſtructeurs de Machines aéroſtatiques ne parviendront jamais. Eſſayons donc de conduire des Machines aéroſtatiques remplies d'air inflammable, auſſi parfaites qu'on puiſſe les exécuter, ou qu'on puiſſe au moins raiſonnablement les eſpérer.

J'avertis encore que ſi je ſuppoſe mes Machines remplies d'air inflammable, ce n'eſt point que je prétende lui donner la préférence ſur le gaz de MM. de Montgolfier, & que c'eſt uniquement parce que je le connois davantage.

D'ailleurs, tout ce que je dirai des Machines remplies d'air inflammable, pourra s'appliquer, avec les changemens néceſſaires, à celles qui ſeroient animées par le gaz de MM. de Montgolfier.

Je vous demande pardon, Monſieur, d'entrer dans tous ces détails dans une lettre qui vous eſt adreſſée; je ſais combien ces matières vous ſont familières, & ſur tout ce qui y a rapport je me ferois aſſurément gloire de prendre de vos leçons; mais puiſque vous voulez bien publier cette lettre à la ſuite du Précis hiſtorique que vous donnez de cette découverte, j'ai cru que, pour prouver la vérité de la penſée de l'exergue que vous avez bien voulu adopter, il falloit ne rien oublier de ce qui pouvoit montrer que la navigation dont il s'agit étoit non-ſeulement praticable, mais encore qu'on pouvoit eſpérer qu'elle ne ſeroit ni très-difficile, ni très-périlleuſe, & j'ai penſé que bien des perſonnes, pour qui ces matières ſont abſolument nouvelles, me pardonneroient d'être entré, en en parlant, dans plus de détail que je ne m'en permettrois ſur des ſujets qui auroient été traités par d'autres, & qui ſeroient par conſéquent plus connus.

Avant de ſonger à diriger en tout ſens une Machine aéroſtatique, il faut d'abord s'occu-

per des moyens de la faire parvenir à la hauteur où on désire de la porter, & de la mettre en parfait équilibre avec la couche horizontale d'air dans laquelle on se propose de naviger. J'indiquerai ensuite les moyens que je crois propres à la faire monter ou descendre à volonté, après quoi je tâcherai de la faire mouvoir horizontalement en tout sens, & il sera facile de comprendre que si je réussis à lui imprimer ces deux mouvemens, on pourra, en les combinant, diriger cette Machine selon tous les plans possibles obliques à celui de l'horizon.

Je supposerai donc que la Machine aérostatique sur laquelle je veux m'embarquer est très-grande, & capable d'élever des poids considérables; qu'elle est très-solide, & qu'elle ne perd rien, ou ne perd qu'infiniment peu de l'air inflammable qu'on lui confie. J'y placerai deux robinets, l'un en haut, & l'autre en bas, & je la supposerai garnie de quelques échelles de corde, par le moyen desquelles deux hommes puissent monter jusqu'au robinet supérieur. Ce robinet étant fermé, je remplirai cette Machine par le robinet inférieur dans une proportion convenable; & si je prévois que je doive m'élever très-haut, j'attacherai en bas un autre Globe plus petit, avec lequel

je laiſſerai à ma Machine une communication libre pour prévenir un accident pareil à celui qui eſt arrivé au Ballon du Champ de Mars.

Cette Machine étant remplie autant que je le déſirerai, je la chargerai d'un poids un peu plus peſant que celui qu'elle peut enlever : ce poids conſiſtera en un bateau d'une conſtruction très-légère, ſur lequel j'embarquerai les hommes qui voudront naviger avec moi, & ce qu'il faut pour notre voyage. Le fond de ce bateau ſera rond en dehors & en dedans, repréſentant un tonneau qui tiendroit toute la longueur du bateau; & quoique le reſte du bateau doive être conſtruit très-légèrement, le fond, ou cette eſpèce de tonneau dont j'ai parlé, doit être fait avec la plus grande exactitude, & ſolide au point de ſupporter qu'on y faſſe, ſelon le beſoin, ou un vuide intérieur abſolu, ou qu'on y condenſe l'air juſqu'à le faire peſer au moins le double de celui de l'atmoſphère.

Je laiſſerai le fond de mon bateau plein d'air ordinaire; j'embarquerai quelques tonneaux auſſi ſolides que le fond de mon bateau, qui ſeront abſolument privés d'air, & quelques autres remplis d'air inflammable; je prendrai de plus avec moi quelques flacons d'huile de vitriol, & j'acheverai le reſte de mon leſt

avec

avec une quantité de limaille de fer beaucoup plus que ſuffiſante pour ſaturer l'huile de vitriol que j'aurai embarquée.

Les choſes ainſi préparées, je ſongerai à mon départ, & j'obſerverai de ne partir que quand le baromètre ſera au terme moyen de ſes variations, c'eſt-à-dire, à-peu-près à vingt-huit pouces.

Je commencerai par jeter une partie de la limaille de fer ſuperflue que j'ai embarquée, juſqu'à ce que je ſois à flot, c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que j'aie perdu terre; & continuant ainſi à en jeter peu-à-peu, je m'éleverai inſenſiblement juſqu'à ce que je ſois en équilibre avec la couche d'air à laquelle je veux me fixer; & l'on remarquera que je monte ſans aucune ſecouſſe & ſans aucun riſque, & que j'arrive à la hauteur ſouhaitée avec la préciſion qu'un grain de limaille de fer jeté de plus ou de moins peut procurer.

Arrivé à cette hauteur, je n'aurai guère, dans un voyage ordinaire & dans un tems calme, aucune raiſon de déſirer de monter, ni de deſcendre. L'air étant à ſon terme moyen de peſanteur quand j'ai quitté terre, quelques changemens que le baromètre puiſſe enſuite indiquer dans cette peſanteur, les couches d'air avec leſquelles ces changemens me met-

tront en équilibre, ne pourront être fort éloignées de celle où je me ſerai placé d'abord; & il doit m'être aſſez indifférent de naviger à quelques toiſes plus haut ou plus bas de la hauteur à laquelle je ſerai monté en commençant mon voyage.

Je réſerverai donc les moyens que j'ai de m'élever ou de deſcendre pour quelque occaſion importante, & il peut s'en préſenter deux de ce genre.

Premièrement je puis être incommodé par le vent à la hauteur où je me trouve, & déſirer par conſéquent d'en changer. Je me réſerve de parler du parti qu'il faut prendre dans cette circonſtance, quand j'indiquerai les moyens qu'on peut employer pour diriger horizontalement les Machines aéroſtatiques.

Secondement je puis être obligé de paſſer par-deſſus quelque haute montagne; & c'eſt ici la choſe la plus difficile dans cette ſorte de navigation. En effet, les montagnes ſont à la navigation dont nous parlons, ce que les caps ſont dans la navigation ordinaire; & l'on ſait combien quelques-uns ont été anciennement, & combien quelques autres ſont encore aujourd'hui, difficiles à doubler.

Si je prévoyois que dans le cours de mon voyage je n'euſſe qu'une ſeule haute montagne

à franchir, je pourrois ſans doute me charger, en partant, de quelque poids inutile dont je me déchargerois pour paſſer par-deſſus cette montagne, comme j'ai jeté la limaille de fer pour me porter à la hauteur à laquelle je voulois me placer; mais comme on ne pourroit répéter ce moyen, & que je pourrois avoir pluſieurs obſtacles ſemblables à ſurmonter, & puiſque d'ailleurs on peut, pour d'autres raiſons, avoir beſoin de monter & de deſcendre pendant le cours d'un voyage, il vaut mieux chercher des manières de s'élever ou de s'abaiſſer, dont on puiſſe faire uſage auſſi ſouvent que le beſoin exigera de les employer.

Il me paroît qu'on ne peut trouver que deux moyens phyſiques pour faire monter ou deſcendre à volonté les Machines aéroſtatiques; mais je crois qu'on peut encore ſe ſervir d'un moyen méchanique capable d'augmenter l'effet des deux autres, & je parlerai dans l'inſtant de ce dernier moyen quand il ſera queſtion de diriger horizontalement ces Machines.

Les deux moyens phyſiques qui peuvent faire monter ou deſcendre les Machines aéroſtatiques, ſe rencontrent dans les deux ſeuls fluides deſquels on puiſſe diſpoſer quand on eſt tranſporté par ces Machines; je veux par-

ler de l'air dans lequel on navige, & du fluide qui anime la machine qui vous transporte.

Pour monter il faut, ou diminuer la pesanteur du fardeau à élever, ou augmenter la force élevante de la Machine, & il doit être quelquefois nécessaire d'employer ensemble l'un & l'autre de ces moyens, quand on veut s'élever à une hauteur beaucoup plus grande que celle où l'on se trouve.

Si j'ai besoin de m'élever, je commencerai donc par pomper l'air dont est plein le fond de mon bateau, & je diminuerai ainsi le poids du bateau de celui de cet air que j'aurai pompé. Si cette manœuvre est insuffisante pour m'élever aussi haut que je le veux, je pomperai tout ou partie de l'air inflammable que j'ai embarqué dans des tonneaux, je l'introduirai dans ma Machine par le robinet inférieur; & mes tonneaux se trouvant absolument vuides, j'aurai donc, par l'introduction de cet air, augmenté la légèreté relative de ma Machine, & diminué encore le poids de mon bateau de celui de l'air inflammable qui étoit dans mes tonneaux. Ce moyen devroit suffire seul pour m'élever à la plus grande hauteur, puisque je suis le maître d'embarquer avec moi toute la quantité d'air inflammable qui peut m'être nécessaire; & que pour qu'il tienne moins d'es-

pace, je puis même le fouler & le condenſer dans quelques-uns de mes tonneaux. Cependant ſi la quantité d'air inflammable que j'avois embarqué ne ſuffit pas encore pour donner à ma Machine la force de s'élever aſſez haut, alors, avec l'eſprit de vitriol & la limaille de fer que j'ai dans mon bateau, je ferai de l'air inflammable, & je l'introduirai encore dans ma Machine; & s'il me reſtoit quelque petite hauteur à gagner, je jetterois à terre le réſidu de la diſſolution de la limaille par l'acide qui me deviendroit inutile; & en ſoulageant encore mon bateau de ce poids, & en ajoutant à tous ces moyens la force méchanique dont il me reſte à parler, il faudroit que la hauteur à laquelle je veux m'élever fût à une diſtance verticale, immenſe de celle dont je pars, pour que je ne puſſe pas l'atteindre.

Tous les effets de ces divers moyens ſont calculables ſelon les différentes ſuppoſitions qu'on voudra faire; mais il me ſemble, par un ſimple apperçu, que la réunion de ces moyens doit porter une Machine aéroſtatique à la plus grande hauteur où l'on puiſſe avoir beſoin de la faire monter, ſur-tout ſi l'on réfléchit que quelqu'un qui prévoit qu'il lui ſera néceſſaire de s'élever extraordinairement haut, commencera par s'établir à une hauteur aſſez grande

pour qu'il ne lui ſoit point enſuite impoſſible d'atteindre celle à laquelle il veut enſuite ſe porter.

Après m'être élevé auſſi haut, & avoir franchi un pas auſſi difficile, il faudra deſcendre; & cette marche eſt bien plus facile, au moins eſt-on toujours plus ſûr de deſcendre auſſi bas que l'on veut, que de s'élever à la hauteur qu'on deſire, ſi cette hauteur eſt extrême. Je commencerai donc pour deſcendre, par condenſer l'air dans le fond de mon bateau; faiſant enſuite tranſporter, l'un après l'autre, des tonneaux vuides au haut de ma Machine, j'y ferai paſſer par le robinet ſupérieur partie du gaz qu'elle contient; & faiſant redeſcendre dans le bateau les tonneaux à meſure qu'ils ſeront remplis d'air inflammable, je diminuerai par ce moyen la légèreté relative de ma Machine, & j'augmenterai le poids de mon bateau de celui de l'air inflammable que j'aurai introduit dans les tonneaux. Si cette manœuvre ne me fait deſcendre aſſez bas, je pourrai condenſer mon air inflammable dans pluſieurs tonneaux, afin qu'il m'en reſte quelques-uns de vuides, dans leſquels après avoir laiſſé entrer l'air atmoſphérique, je pourrai l'y condenſer pour augmenter encore le poids

de mon bateau, & le faire ainſi deſcendre auſſi bas que je le deſire.

J'aurai donc conſervé tout mon air inflammable, & je pourrai par conſéquent m'élever encore à une hauteur égale à celle où je me ſuis porté précédemment, & ſi j'ai perdu pour deſcendre, le poids de la limaille de fer & de l'eſprit de vitriol que j'avois embarqué, on voit que j'y ai ſuppléé par celui de l'air condenſé que j'ai fait entrer dans des tonneaux qui étoient auparavant abſolument vuides.

Cependant ſi je m'apperçois que ma Machine ait laiſſé échapper du gaz qu'elle contenoit, & que je craigne par cette raiſon que l'acide & la limaille que j'ai perdus ne viennent à me manquer, alors ouvrant peu-à-peu le robinet ſupérieur de la Machine, j'en laiſſe échapper autant de gaz qu'il faut pour la faire deſcendre tranquillement ; je mets alors doucement à terre, & je vais me pourvoir de ce dont je crois avoir beſoin pour continuer ma route.

On voit donc qu'il eſt très-facile de faire monter & deſcendre les Machines aéroſtatiques, quand les hauteurs auxquelles on veut les porter, ne ſont pas infiniment diſtantes les unes des autres, & qu'il eſt même poſſible de leur faire parcourir, en montant & en

descendant, une ligne verticale assez grande pour fournir à tous les besoins de cette espèce de navigation. Voyons maintenant s'il sera plus difficile de les diriger horizontalement, & terminons ce qui nous reste à dire pour justifier notre exergue.

En partant du principe, que tout corps en équilibre avec le fluide dans lequel il est suspendu n'a nulle pesanteur, on doit sentir que la moindre force suffit pour le mouvoir dans ce fluide dans le sens horizontal selon lequel elle agit, sur-tout si ce fluide a peu de densité & de tenacité. Ma Machine aérostatique étant toujours en équilibre avec la couche d'air dans laquelle elle se fixe, il suffira par conséquent d'une force infiniment petite pour la mouvoir, & pour diriger son mouvement dans tous les sens que l'on voudra dans le plan horizontal de cette couche.

J'ajusterai donc à mon bateau des rames larges & légères, faites si l'on veut, avec de larges bandes de fort parchemin, & disposées proportionnellement au nombre des hommes dont je pourrai employer les forces. C'est avec ces rames que je compte diriger horizontalement mon bateau dans un tems calme, & je ne crois pas qu'il soit à craindre que je ne puisse pas y parvenir par leur moyen.

Quand on réfléchit ſur le vol des oiſeaux, peut-on s'empêcher de penſer qu'il faut que l'air ait un reſſort qui réagiſſe avec une force extrême, quand il a été tendu & comprimé par un mouvement un peu violent? Comment ſans cela pourroit-on concevoir que les oiſeaux en le frappant avec leurs aîles, puſſent non-ſeulement diriger, mais encore ſoutenir & élever dans ce fluide un corps mille fois plus peſant que lui; or, ſi le mouvement qu'impriment à l'air les aîles des oiſeaux eſt capable de produire cet effet étonnant, comment pourroit-on douter que le mouvement de nos rames ne pût diriger un corps dont la peſanteur eſt nulle, & qui n'oppoſe ainſi aucune réſiſtance au mouvement horizontal qu'on lui imprime?

La nature nous indique elle-même quelle eſt la grande différence entre la force qu'il faut employer pour faire mouvoir dans un fluide un corps beaucoup plus peſant que lui, & celle qui ſuffit pour y faire mouvoir un corps dont la peſanteur approche de celle du fluide dans lequel il eſt plongé; & la différente ſtructure des animaux qui ſont dans ces rapports différens de peſanteur avec le fluide dans lequel ils ſe meuvent, en eſt, ſi l'on peut ainſi parler, une *démonſtration naturelle*.

Les oiſeaux ſont, comme on l'a dit, à-peu-près mille fois plus peſans que l'air, & la peſanteur des poiſſons eſt preſqu'égale à celle de l'eau ; la nature en conſéquence a donné aux oiſeaux un très-petit corps & de très-grandes aîles, tandis qu'elle a formé les poiſſons avec de très-gros corps & de petites nageoires : encore les naturaliſtes ont-ils attribué une force prodigieuſe aux muſcles des aîles des oiſeaux, tandis qu'ils ne diſent rien de ſemblable de celle des nageoires.

Ces nageoires, toutes petites qu'elles ſont, ſuffiſent cependant pour faire mouvoir les poiſſons, non-ſeulement dans toutes les directions horizontales, mais il paroît même certain qu'elles ſuffiſent encore à les faire monter & deſcendre dans l'eau avec une grande vîteſſe ; & quoique les poiſſons, quand ils ne ſont agités par aucune paſſion, puiſſent peut-être monter ou deſcendre lentement dans l'eau par la compreſſion ou par la dilatation ſeules de leurs veſſies, il ne faut qu'obſerver la manière dont ils montent ou deſcendent en certaines occaſions, pour être ſûr que ces mouvemens n'ont point pour cauſe le plus ou le moins de volume qu'ils donnent à leurs corps, & qu'ils ſont au contraire l'effet de l'action ſeule de leurs nageoires, aidée par celle de leur queue.

Si le mouvement des poiſſons, en montant & en deſcendant, étoit produit par le plus ou moins de volume que leur veſſie eſt ſuppoſée leur donner, ce mouvement ſuivroit les loix auxquelles ſont aſſujettis tous ceux qui ſont l'effet de la peſanteur. Il ſeroit très-lent dans les premiers inſtans, & augmenteroit de vîteſſe à meſure qu'il ſeroit continué ; & l'on voit au contraire, dans une eau claire, les poiſſons s'élancer & partir avec vîteſſe du fond de l'eau, pour venir à la ſurface chercher le pain qu'on leur jete, comme on les voit ſe précipiter au fond de l'eau, lorſque quelque objet leur fait peur à la ſurface.

Il paroît donc qu'il peut reſter pour conſtant qu'indépendamment de la compreſſion ou de la dilatation de leurs veſſies, les poiſſons montent & deſcendent dans l'eau par la ſeule action de leurs nageoires ; & l'air dans lequel eſt ſuſpendue notre Machine, ayant beaucoup moins de denſité & de tenacité que l'eau dans laquelle nagent les poiſſons, il doit donc à plus forte raiſon paroître certain que les rames dont nous avons garni notre bateau, ſont ſuffiſantes pour lui faire exécuter non-ſeulement tous les mouvemens horizontaux qu'on peut déſirer, mais encore pour le faire monter ou deſcendre d'une certaine quantité,

ſelon la force & la direction qu'on donnera à leur mouvement. Et tel eſt le méchaniſme dont nous avons parlé, & que nous avons dit devoir aider les deux moyens phyſiques que nous avons précédemment employés pour faire monter & deſcendre notre bateau.

Après avoir ainſi propoſé les moyens de diriger verticalement & horizontalement les Machines aéroſtatiques, & par conſéquent de leur faire auſſi parcourir tous les plans poſſibles, obliques à celui de l'horizon, il ſembleroit que ma tâche eſt remplie, & que j'ai ſuffiſamment juſtifié l'exergue qui m'a engagé dans cette diſcuſſion ; mais je n'ai point oublié que j'ai fait juſques ici abſtraction du vent, & je ne prétends point diſſimuler qu'il doit jouer un grand rôle dans la navigation dont il s'agit. Nous allons donc nous en occuper maintenant, & examiner quels obſtacles il peut nous oppoſer, quels dangers il peut nous faire courir, & quels ſecours il peut auſſi nous prêter.

S'il eſt facile de diriger les Machines aéroſtatiques dans un tems abſolument calme, il paroît qu'il doit être extrêmement difficile de les gouverner auſſitôt que l'air vient à être agité. Le volume des Machines capables d'élever des poids conſidérables, doit être

immenſe ; le vent doit donc exercer ſur elles un empire proportionné à cette immenſité, & les poids qu'elles peuvent enlever, quelque conſidérables qu'on les ſuppoſe, ſemblent offrir des reſſources bien foibles pour pouvoir oppoſer des forces ſuffiſantes à une puiſſance qui paroît auſſi irréſiſtible.

C'eſt en cela que me ſemble effectivement conſiſter la grande difficulté de cette eſpèce de navigation, & je ne me flatte pas aſſurément de la lever entièrement, c'eſt à quoi de longues méditations & une expérience encore plus longue pourront un jour parvenir. Dans tous les ouvrages de l'induſtrie humaine ainſi que dans ceux de la nature, il eſt un point de maturité que le tems ſeul peut amener, & il eſt impoſſible qu'un art qui n'eſt pas encore ébauché, ſoit capable, en commençant, de ſurmonter tous les obſtacles que la nature ſemble lui oppoſer.

Quand on ſe rappelle combien la navigation maritime eſt ancienne, & combien ſes progrès ont été lents ; & quand on conſidère en même-tems combien les naufrages, ſi fréquens ſur les côtes, & qui ne ſont même que trop communs en pleine mer, prouvent que cet art a encore beſoin d'être perfectionné, on ne peut exiger ſans doute que la navigation

dont il eſt ici queſtion, puiſſe à ſon début atteindre à une perfection dont la navigation maritime eſt encore ſi éloignée.

Voyons cependant comment on peut affoiblir la difficulté que je me ſuis propoſée, comment ſi l'on ne peut la réſoudre, on peut au moins, en bien des cas, l'éluder, & tâchons de montrer qu'il eſt même très-vraiſemblable que ce qui paroît nous préſenter d'abord un obſtacle inſurmontable dans cette navigation, doit un jour, par les ſecours réunis de l'art & de la nature, contribuer à ſon ſuccès & à ſa ſûreté.

La puiſſance du vent doit ſans doute être très-grande ſur les Machines aéroſtatiques; auſſi ne faut-il pas eſpérer qu'on puiſſe avec les ſecours des rames, ſurmonter la force d'un vent abſolument contraire & violent. Il faut donc imiter les marins qui ſe gardent bien de partir dans telles circonſtances, & attendre, comme ils font, que le vent change & ſe ſoit appaiſé.

Si le vent, ſans être tout-à-fait favorable, n'eſt pas abſolument contraire, & s'il eſt en même-tems modéré, alors il faut encore imiter la manœuvre qu'on emploie ſur mer, & ſi l'on ne peut pas aller droit à ſon but, il faut louvoyer, & il eſt très-vraiſemblable qu'en ſe

ſervant bien de ſes rames, on pourra quoique par une navigation plus longue, atteindre cependant le terme qu'on s'eſt propoſé.

Il ſemble qu'il eſt naturel de ſuivre pas à pas l'exemple des hommes, qui les premiers ſe ſont haſardés à naviguer ſur la mer, & que dans les commencens il ſeroit prudent de ne s'éloigner ainſi qu'ils faiſoient, que le moins qu'on pourroit de terre, de ne pas entreprendre de longs voyages, & de ne partir qu'avec un vent favorable.

Si le vent venoit à changer pendant le cours de la navigation, ou ſi le tems devenoit orageux, on devroit mettre à terre, comme le pratiquoient encore les premiers navigateurs, & ne ſe rembarquer que quand le beau tems & un bon vent y engageroient.

Avec ces précautions on courroit peu de danger, on s'appliqueroit chaque jour à étudier l'élément dans lequel on navigeroit, les périls auxquels il expoſe & les reſſources qu'il peut offrir, & on ſe haſarderoit peu-à-peu davantage.

Mais quand une plus longue expérience auroit donné des connoiſſances plus ſûres & plus étendues, & qu'on ſe ſeroit tout-à-fait familiariſé avec ce que cette navigation a d'abord d'effrayant pour l'imagination, alors l'audace

ſuccéderoit à la timidité, on pourroit tenter des entrepriſes auſſi étonnantes dans leur genre, que celles que les marins exécutent de nos jours, & on auroit pour les mettre à fin des moyens qui manquent à nos plus grands hommes de mer.

Il faut obſerver que lorſqu'on navige ſur la mer, on eſt obligé pour faire route, de ſe ſervir du vent qui régne à ſa ſurface, tandis que ceux qui navigeroient dans l'air auroient à choiſir dans ſa profondeur les vents qui pourroient leur convenir ou les couches d'air qui ne ſeroient point agitées.

Les vents ſont dans l'air, ce que les courans ſont dans la mer, & il eſt certain que dans ce dernier élément il exiſte des courans différens à des profondeurs différentes. On en connoît pluſieurs exemples, & on en a trouvé entr'autres, dans le détroit de Gibraltar deux abſolument contraires placés l'un au-deſſus de l'autre, & de l'exiſtence deſquels on s'eſt aſſuré par des moyens très-ingénieux.

Il eſt également certain que la même différence entre les courans à des profondeurs différentes, exiſte dans l'air, & il eſt même impoſſible que la choſe ſoit autrement, puiſque dans tout fluide, qui par ſa nature tend au niveau, & à ſe mettre en équilibre avec lui-

même,

même, il faut bien que des courans affluans viennent perpétuellement remplacer le fluide qui est emporté par un autre courant.

Au reste tous les physiciens qui ont écrit sur les vents, sont d'accord en ce point. Il n'en est aucun qui ne tâche de deviner quels sont les vents qui régnent le plus constamment à différentes hauteurs dans les différentes régions de la terre, & qui ne s'efforce d'appuyer son opinion sur des raisons plus ou moins plausibles.

On a d'ailleurs tous les jours sous les yeux des exemples de ce phénomène. Il est très-commun de voir des nuages élevés à différentes hauteurs, aller dans des sens différens. On voit souvent les girouettes indiquer un courant dans l'air, & la direction du mouvement des nuées en indiquer un autre, & il ne faut même que faire attention à ce qui se passe dans un jardin dans lequel on brûle des feuilles, pour observer quelquefois trois vents différens à des hauteurs différentes, & qui sont indiqués par les directions diverses de la fumée des feuilles, des girouettes & des nuées.

D'après ces réflexions & ces exemples, on ne peut guère douter qu'en s'élèvant à différentes hauteurs, on ne trouvât quelque part des vents favorables & propres à faire par-

venir au terme que l'on se feroit proposé, & comme on a d'ailleurs des moyens de monter & de descendre à volonté très-faciles, la force du vent & la puissance qu'il exerce sur les Machines aérostatiques, loin d'être toujours un obstacle, paroît plutôt devoir devenir un jour un secours assuré dans la navigation qui nous occupe.

S'il arrivoit cependant quelquefois que dans les diverses hauteurs, auxquelles on se porteroit, il ne se trouvât pas un vent assez favorable pour qu'on voulût se laisser guider par lui & suivre précisément sa direction, outre qu'on pourroit alors, ainsi que nous l'avons dit précédemment, louvoier par le moyen de ses rames & parvenir ainsi quoique plus lentement à son but, il existe encore dans ce cas une autre ressource aussi sûre & plus commode que nous allons indiquer.

Entre deux courans d'un fluide, l'un supérieur & l'autre inférieur, qui ont des directions différentes, il se trouve toujours une couche plus ou moins large de ce fluide, qui ne participe ni de l'une ni de l'autre des directions de ces courans, & qui est absolument tranquille. C'est une loi qu'on a vu constamment observée dans la mer entre les courans supérieurs & inférieurs qu'on y a reconnus,

& qu'on auroit pu vérifier avec encore plus de facilité entre les courans ſupérieurs & inférieurs de l'air, ſi l'on avoit eu quelqu'intérêt à s'en aſſurer.

Je me rappelle à ce ſujet, que dans un mémoire excellent, relatif à l'électricité, que lut le docteur Franklin à une rentrée de l'académie des ſciences, cet homme célèbre à tant de titres indiqua une expérience qu'il avoit faite, & qui a un rapport immédiat à l'objet dont il eſt ici queſtion.

Il y parloit, à ce qu'il me ſemble, de deux chambres, dans l'une deſquelles l'air étoit plus échauffé que dans l'autre, & entre leſquelles on ouvrit une porte de communication; on plaça dans l'ouverture de cette porte trois bougies allumées une au haut, une autre au bas & la troiſième au milieu de la hauteur de l'ouverture. On vit auſſi-tôt s'établir deux courans d'air, l'un ſupérieur & l'autre inférieur, qui avoient des directions oppoſées. L'air de la chambre la plus échauffée paſſoit dans la chambre la plus froide par le haut de l'ouverture de la porte, & chaſſoit la flamme de la bougie la plus élevée du côté de la chambre la plus froide. L'air de la chambre la plus froide au contraire, paſſoit dans la chambre la plus chaude par le bas de cette

ouverture, & pouſſoit la flamme de la bougie la plus baſſe du côté de la chambre la plus chaude, tandis que la flamme de la bougie qui étoit au milieu de la hauteur de l'ouverture, reſta abſolument tranquille.

Ce qui ſe paſſe en petit dans cette jolie expérience, doit néceſſairement arriver en grand dans tout fluide, dans lequel il exiſte deux courans, dont l'un eſt ſupérieur à l'autre, & qui ont des directions oppoſées, parce que la couche ſupérieure du courant inférieur, faiſant effort pour pouſſer la couche inférieure de la zone qui ſe trouve entre ces courans dans le ſens de ſa direction, tandis que la couche inférieure du courant ſupérieur fait effort pour pouſſer la couche ſupérieure de la zone mitoyenne en ſens contraire; le repos abſolu de cette zone doit être le réſultat de ces deux forces égales & oppoſées.

Il exiſte donc toujours dans l'air, ainſi que dans tout fluide, une zone tranquille entre deux courans oppoſés, dont l'un eſt ſupérieur à l'autre, & c'eſt dans cette zone tranquille que je propoſe de faire agir les rames & de pourſuivre ainſi ſa route, ſi le vent ſupérieur ni le vent inférieur ne conduiſoient pas directement au lieu où l'on a deſſein d'aller.

Il ſe préſente encore un moyen de faire

usage du vent pour diriger les Machines aérostatiques, que je ne hasarde ici qu'en tremblant, parce que l'envie extrême que j'ai que cette lettre ait l'avantage de paroître avec votre ouvrage, me prive du tems nécessaire pour l'examiner.

Quoiqu'il soit bien difficile de concevoir qu'on pût adapter au bâteau ou au Globe des voiles qui fussent assez légères pour ne pas trop charger la Machine, & pour pouvoir être commodément manœuvrées, & qui fussent cependant assez fortes & assez étendues pour gouverner une Machine aérostatique, & surmonter la puissance que le vent doit exercer sur elle, l'art ne pourroit-il pas venir à bout d'en faire qui pussent au moins aider, ou contrarier, ou modifier l'effet que la puissance du vent sur la Machine lui donne sur le bâteau?

Quoi qu'il en soit, au reste, de la possibilité de ce dernier moyen de faire servir la force du vent à la direction des Machines aérostatiques, il résulte toujours des considérations précédentes, que lorsque l'expérience aura donné des connoissances plus exactes & plus détaillées sur les différens courans de l'air, & qu'elle aura rassuré l'imagination des hommes sur les dangers qui pourront effrayer les premiers navigateurs de cette espèce, alors il

eſt plus que vraiſemblable qu'ils auront à choiſir, ou de naviger dans une zone abſolument tranquille par le moyen des rames, ou de chercher à diverſes hauteurs un vent qui les conduiſe au terme où ils ont deſſein d'aller.

Mais cette navigation dont l'idée ſeule allarme tant l'imagination, feroit-elle en effet auſſi dangereuſe qu'elle le ſemble d'abord ? Je ne le crois pas, & je ſuis même perſuadé qu'avec quelque prudence la navigation dans l'air feroit tout au plus auſſi dangereuſe que ſur la mer; il y a mille dangers qu'on court ſur mer, dont les navigateurs de l'air feroient exempts, & il y en a peu de ceux qu'on pourroit courir dans l'air, qui n'ayent également lieu ſur mer.

Dans la navigation aërienne on n'auroit à craindre ni bas fonds ni écueils, ou au moins feroient-ils bien plus connus, bien plus faciles à appercevoir & bien moins dangereux, puiſque ſi on échouoit pendant une nuit obſcure ſur le penchant de quelque haute montagne, la Machine qui vous ſoutiendroit à la hauteur où elle auroit rencontré la montagne, vous empêcheroit de tomber dans les précipices qui pourroient s'y rencontrer, & vous donneroit le tems de vous élever plus haut que la montagne elle-même.

Il résulte des expériences de Versailles & du Champ de Mars, qu'avec le vent le plus foible les Machines aérostatiques parcourroient un espace horizontal de cent cinquante-six lieues en un jour. Cette vitesse est au moins quadruple de celle que le même vent donneroit à un vaisseau sur la mer, & en diminuant le tems des voyages, elle abrégéroit aussi la durée des périls auxquels ils pourroient exposer.

Comme cette navigation seroit peu d'usage pour passer par-dessus de grands espaces occupés par la mer, on auroit bien plus de facilité pour faire de fréquens rélâches, qu'on ne peut en avoir sur ce dernier élément, & cette facilité peut faire éviter bien des dangers auxquels on est obligé de rester exposé sur la mer, & procurer bien des commodités, dont il faut se priver dans la navigation maritime.

S'il arrive que le fond du bateau vienne à se disjoindre & laisse quelque passage à l'air, outre qu'on peut alors faire usage des pompes, comme on le pratique sur mer quand le vaisseau fait quelque voie d'eau, on peut encore chercher & corriger ce défaut très à son aise, & l'on n'est point gêné dans l'air pour cette opération, comme les plongeurs le sont dans l'eau.

Enfin, si la Machine elle-même se déchire

au point de ne pouvoir être raccommodée en navigeant, ce qui peut arriver alors de plus fâcheux du plus grave des accidens, se réduit pourtant à tomber doucement comme a fait la Machine de Versailles, & le raisonnement sert à confirmer qu'une chûte de ce genre ne peut être violente, ni par conséquent dangereuse, parce qu'en proportion du gaz qu'elle perd, la Machine se met en équilibre avec la couche d'air plus pesante, dans laquelle elle descend, & que recommençant ainsi à chaque instant une nouvelle chûte, sa descente ne peut jamais être accélérée ; & tel est encore en ceci l'avantage immense de la navigation aërienne sur la maritime, que la chûte au fond de l'élément qui nous soutient, n'est dans l'une qu'un inconvénient très-léger, tandis que dans la navigation maritime un pareil malheur est toujours suivi d'une mort inévitable (1).

L'expérience pourra quelque jour confirmer ce que j'ose prédire, & prouver combien seront peu considérables les dangers de cette

(1) On prétend que pour 1100000 livres on pourroit faire une Machine aérostatique capable d'enlever un poids aussi considérable que celui dont étoit chargé *la Ville de Paris*. Si cela est vrai, une pareille Machine ne coûteroit donc guère plus que n'avoit coûté ce beau vaisseau, & ne pourroit assurément avoir un sort plus funeste.

navigation quand on s'y ſera ſuffiſamment exercé ; mais je n'en penſe pas moins qu'il eſt néceſſaire d'uſer des plus grandes précautions dans les premiers eſſais qu'on en tentera, & qu'avant d'abandonner à eux-mêmes des hommes avec de ſemblables machines, il faut s'être aſſuré par des épreuves réitérées, qu'ils ſont parfaitement en état de les diriger, & ſur-tout de les faire deſcendre préciſément à la place où ils veulent ; autrement les chûtes, quoique douces & lentes, pourroient encore être dangereuſes, puiſque quelque doucement que des hommes tombaſſent, par exemple, ſur un clocher, ſur le toît d'une maiſon, ſur un grand arbre ou dans une rivière, il ſeroit à craindre qu'ils ne ſe bleſſaſſent ou même qu'ils ne périſſent. Il ſera donc eſſentiel dans les premières tentatives de ne lâcher la Machine qu'au bout d'une corde aſſez forte pour la retenir & la diriger ſi l'on s'appercevoit que les hommes qu'elle porteroit n'en fuſſent pas abſolument les maîtres, & de ne pas oublier qu'on mène les enfans à la liſière avant de les livrer à leurs propres forces, & que cet art eſt aſſez près de ſa naiſſance, pour qu'on doive le regarder comme étant encore dans la première enfance.

Mais enfin, dira-t-on, quand cette navigation pourroit réuſſir juſqu'à un certain point, de

quel ufage fera-t-elle ? Ne préférera-t-on pas toujours de voyager par terre ou par eau, & ne doit-on pas par cette raifon regarder les Machines aéroftatiques comme une invention ingénieufe & amufante plutôt que comme une découverte qui puiffe jamais être véritablement utile ?

Je répons que je penfe en effet que les tranfports par terre & par eau auront communément la préférence fur les tranfports par le moyen des Machines aéroftatiques dans l'ufage ordinaire de la vie, par la raifon que la voie de la terre fera toujours en général la plus fûre, & que l'eau étant à caufe de fa pefanteur, capable de foutenir de grands poids fans qu'il foit néceffaire d'employer aucune Machine, les tranfports par fon moyen feront moins embarraffans; mais je fuis malgré cela fort éloigné de penfer que même fous ce rapport l'invention des Machines aéroftatiques puiffe être regardée comme indifférente ou inutile.

On ne peut jamais prévoir au moment qu'une découverte vient d'éclore, ni tous les ufages auxquels on pourra un jour l'appliquer (1), ni à quel degré de perfection elle

(1) Il y a quarante ans, quand tout ce qu'on con-

pourra être portée; & celle-ci s'annonce d'une manière trop brillante & trop imposante, pour ne pas engager tous les amateurs des sciences à réunir leurs efforts pour la perfectionner.

Qui peut apprécier de quoi la réunion d'un grand nombre de bons esprits est capable, & comment en conséquence assurer que dans un tems plus ou moins éloigné, cette manière de transporter des hommes & des fardeaux, ne deviendra pas assez sûre & assez facile pour mériter en quelques rencontres la préférence même sur le transport par terre?

Je suppose qu'on eût à traverser des déserts arides, dans lesquels on eût à craindre de voir périr ses bêtes de somme, & par conséquent de manquer d'eau & des autres choses nécessaires; ou bien supposons que dans les déserts qu'on auroit à traverser, on eût à appréhender d'être enséveli sous des monceaux de

---

noissoit de l'électricité se réduisoit à savoir, qu'en frottant avec beaucoup de peine & de fatigue un tube de verre, il devenoit, par ce moyen, capable d'attirer des corps très-légers; qui auroit pu prévoir qu'elle serviroit à préserver du tonnere & à guérir l'épilepsie? & qui peut encore soupçonner toutes les autres applications qu'on pourra faire de cet agent invisible répandu dans toute la nature?

ſable que le vent tranſporteroit, dans ces deux occaſions & dans d'autres ſemblables, il eſt ſûr que le tranſport des hommes & des fardeaux, par le moyen des Machines aéroſtatiques, pour peu qu'il eût acquis quelque degré de perfection, ſeroit préférable à des tranſports par terre auſſi dangereux.

On ſent encore qu'à meſure que l'uſage des Machines aéroſtatiques ſe perfectionneroit, & ſelon le degré de perfection qu'il pourroit atteindre, il devroit ſuppléer des tranſports par terre de moins en moins dangereux, & qui ne ſeroient même que très-embarraſſans & très-difficiles. Si dans quelque voyage extraordinaire on étoit obligé de paſſer par des pays où la peſte fît de grands ravages, ou par des contrées dont les habitans fuſſent féroces & intraitables, un degré de perfection de plus dans les tranſports par le moyen des Machines aéroſtatiques les feroit encore préférer; elles pourroient même un jour ſe perfectionner au point de ſervir de moyen de communication entre des peuples voiſins qui ſeroient ſéparés par quelque chaîne de montagnes ſi eſcarpées qu'elles les priveroient malgré leur proximité, de tout autre moyen de commercer entr'eux. Enfin, il me paroît ſi impoſſible d'aſſigner les bornes de l'induſtrie humaine, & les différens

genres auſſi bien que les différens degrés d'utilité qu'on pourra tirer d'une nouvelle découverte, que ces ſpéculations me ſemblent abſolument indéterminées, & pouvoir fournir la carrière la plus vaſte à l'imagination la plus fertile en projets & en conjectures (1).

Au reſte, quand on voudroit ſuppoſer que jamais ces Machines ne ſeront employées à des voyages ordinaires, au moins ne peut-on guère douter que tous les phyſiciens curieux ne deviennent bientôt d'ardens navigateurs de ce nouvel élément, & ne s'empreſſent de faire uſage de ces Machines, par le moyen ſeul deſquelles ils peuvent acquérir tant de nouvelles connoiſſances.

Peut-on prévoir en effet de combien d'expériences & de découvertes ces Machines ſeront les inſtrumens? quelles lumières elles pourront donner ſur le baromètre, le thermomètre, l'hygromètre, & ſur-tout ſur l'électricité? combien elles pourront nous éclairer ſur la formation, la ſuſpenſion & la réſolution des nuages, ainſi que ſur les cauſes de la grêle, de la neige, & de tous les phénomènes dont l'air eſt le théâtre.

(1) On pourroit dans la guerre faire uſage de ces Machines en mille occaſions, mais ſur-tout pour faire paſſer au Gouverneur d'une place aſſiégée, quelques avis importans.

Il ſeroit ſans doute impoſſible d'apprécier les progrès que la phyſique a droit d'en attendre. Elles ſeules peuvent nous apprendre, ſi à même hauteur l'air qu'on reſpire ſur les hautes montagnes eſt ſemblable à celui qui en eſt éloigné; enfin elles ſeules peuvent nous faire connoître les vents ſupérieurs, leurs forces, leurs directions, leurs périodes & l'étendue des zones qu'ils occupent, ainſi que celle des zones tranquilles qui ſéparent ceux qui, étant les uns au-deſſus des autres, ont des directions différentes; & ces connoiſſances pourront nous mener à concevoir les cauſes des vents inférieurs qu'il nous eſt ſi important de ne pas ignorer.

Encore une fois, quand il ſeroit vrai qu'on dût toujours préférer de voyager par terre ou par eau à l'uſage de ces Machines, au moins quand la terre & l'eau nous refuſent tout paſſage, l'air ne doit-il pas alors être notre reſſource, & nous en fournir un lui-même, puiſque nous ſavons maintenant le moyen de l'employer à cet uſage?

Si l'on eſt curieux de connoître toutes les parties du globe que nous habitons, & d'atteindre juſqu'à la cîme de ces montagnes abſolument inacceſſibles, ſur le ſommet deſquelles depuis leur première formation jamais la trace d'un pas humain n'a été imprimée;

ſi nous voulons ſavoir de quelles ſubſtances elles ſont compoſées, & jouir des phénomènes qu'un aſpect ſi neuf peut nous préſenter ; ſi, portant notre ambition encore plus loin, & partant du ſommet des plus hautes montagnes, nous voulons nous élever juſques dans ces régions ſublimes où la nature ſembloit nous avoir défendu de pénétrer ; ſi nous voulons connoître quels progrès y ſuit le décroiſſement de la peſanteur de l'air, & fixer même les limites de l'air reſpirable, quel obſtacle pourra maintenant nous en empêcher ? & ces nouvelles Machines ne nous fourniſſent-elles pas un moyen d'exécuter aujourd'hui des choſes de la poſſibilité deſquelles, il y a trois mois, perſonne au monde ne pouvoit concevoir l'idée ?

Qui ſait même ce que l'audace de l'homme peut entreprendre, & les difficultés qu'il lui ſera toujours impoſſible de ſurmonter.

Parmi les voyageurs qui ont tenté le paſſage par le nord, ou qui ont voulu aller juſqu'au pole, & qui ſe ſont vus arrêtés par les glaces, n'y en a-t-il pas eu qui ont projetté de faire des bâtimens qui puſſent voguer ſur la glace même, & d'autres qui ont propoſé de faire de petits bateaux qu'on pût traîner ſur les glaces, & ſur leſquels on pût auſſi s'embarquer

pour traverser chaque espace que la mer laisseroit de libre ?

S'il s'est trouvé des hommes assez téméraires pour former de semblables projets, pourquoi ne s'en trouveroit-il pas un assez hardi pour oser passer par-dessus les glaces, porté par une Machine aérostatique, & tenter ainsi de pénétrer jusqu'à ce point du globe si inconnu, & pourtant si curieux, où tous les mouvemens célestes doivent se montrer sous des apparences si différentes de celles sous lesquelles nous les voyons, & où tous les phénomènes de l'aimant doivent cesser ou prendre des formes si nouvelles ? Il n'y a pas 400 lieues à faire pour aller au pole, & pour en revenir, en partant du point où les glaces nous arrêtent ; un vent favorable pourroit donc y conduire & en ramener en deux jours, & si dans ces climats il existoit deux courans d'air l'un au-dessus de l'autre, dont l'un portât vers le pole, & dont l'autre eût une direction opposée, où seroit l'impossibilité de voir un jour réussir une tentative qui paroît au premier coup-d'œil aussi chimérique (1) ?

(1) D'après l'expérience tirée du mémoire du docteur Franklin, déjà cité, il est en effet très-vraisemblable qu'il existe un courant d'air supérieur, allant de l'équateur au

Quel que ſoit, au reſte, le ſort de ce dernier projet dont le ſuccès très-douteux peut à peine être entrevu dans un avenir très-éloigné, il eſt certain qu'outre les ſervices infinis que ces Machines peuvent rendre à la phyſique, elles peuvent encore fournir les ſecours les plus puiſſans & les plus précieux à la méchanique ; & c'eſt ici que je ſens combien je dois d'excuſes à MM. de Montgolfier de n'avoir pu, dans mon exergue, exprimer toute l'importance de leur découverte.

S'il s'agit, par exemple, de relever un bâtiment échoué ſur la côte, ou même d'en retirer du fond de la mer un qui auroit été ſubmergé, de quel uſage de grandes Machines aéroſtatiques ne ſeroient-elles pas en pareil cas ? Si l'on ne jugeoit pas à propos de les employer ſeules, combien, ſans gêner aucune manœuvre, n'aideroient-elles pas les autres moyens dont on fait ordinairement uſage dans ces occaſions, & combien n'ajouteroient-elles pas à leur efficacité (1) ?

---

pole, & un inférieur allant du pole à l'équateur. De plus, il y a certainement un flux & un reflux dans l'air ainſi que dans la mer, & par conſéquent un mouvement alternatif du pole à l'équateur & de l'équateur au pole.

(1) Quelqu'un, dont j'ignore le nom, a imaginé une autre application des Machines aéroſtatiques. Il ſuppoſe

C'eſt en de pareilles circonſtances qu'on ſentiroit le mérite du gaz de MM. de Montgolfier, puiſque lui ſeul peut délivrer de l'embarras d'amener toutes remplies les grandes Machines dont on voudroit ſe ſervir, ſur la place où il faudroit opérer. La promptitude avec laquelle on le produit, & le peu de frais qu'il coûte, le rendent propre à être employé ſur-le-champ dans tous les endroits où l'on peut en avoir beſoin, & ſa force eſt telle, & la facilité avec laquelle on le répare, eſt ſi grande, que quand même les Machines dont

---

qu'on voulût donner un avis, par la voie de la mer, le plus promptement poſſible, & qu'on dépêchât à cet effet un bâtiment très-léger. Il propoſe de faire ſoutenir une partie conſidérable du poids de ce bâtiment par une Machine aéroſtatique ; & il penſe qu'alors le bâtiment tirant beaucoup moins d'eau, éprouvant ainſi une bien moindre réſiſtance de la part de ce fluide, ſeroit ſuſceptible d'une vîteſſe beaucoup plus grande. Cette idée eſt ſans doute ingénieuſe ; je ne ſais cependant ſi la Machine aéroſtatique ne pourroit pas contrarier l'effet de la voilure ; mais ſi en changeant la forme de pluſieurs Machines aéroſtatiques, on pouvoit les faire ſervir elles-mêmes de voiles, alors on ne laiſſeroit entrer dans l'eau que la partie du bâtiment néceſſaire pour lui donner un point d'appui aſſez ſolide pour qu'il pût manœuvrer de pareilles voiles, & on rendroit ce bâtiment capable de marcher avec la plus grande vîteſſe qu'on puiſſe obtenir ſur la mer.

on se serviroit seroient trop considérables pour pouvoir être conduites entières sur le lieu où elles seroient nécessaires, on pourroit les amener par parties, les rejoindre grossièrement, à la hâte, avec des agrafes ou des boutonières, & être sûr qu'animées par ce gaz elles feroient encore en cet état un effet prodigieux.

On sait combien il est mal-aisé d'employer verticalement de très-grandes forces. On connoît les peines & les dépenses que coûta l'obélisque du Vatican, quand on voulut le relever & le poser sur son pied; & la célébrité que l'exécution de cette entreprise donna à l'artiste qui en avoit été chargé, est une preuve de l'extrême difficulté dont on la croyoit. Combien une grande Machine aérostatique bien dirigée, n'auroit-elle pas abrégé ce travail, & combien ce qui est si difficile sans leur secours, paroît-il simple par leur moyen!

Mais si la méchanique trouve tant de difficultés à employer verticalement de très-grandes forces, quand il faut les employer à de très-grandes hauteurs, c'est alors qu'elle avoue toute son impuissance. Les voyageurs ne peuvent s'empêcher de témoigner leur étonnement & leur admiration à la vue des grandes pierres qu'on trouve vers le haut des pyramides, & les artistes eux-mêmes conviennent

qu'ils ont peine à concevoir par quels moyens les Egyptiens ont pû porter de ſi grandes maſſes à une telle élévation. Cependant ſi les Egyptiens avoient connu l'uſage des Machines aéroſtatiques perfectionnées, quelle auroit été la difficulté de cette entrepriſe? Combien de pierres auſſi peſantes que celles des pyramides une ſeule grande Machine aéroſtatique n'enlèveroit-elle pas à-la-fois? & quelle comparaiſon peut-on faire entre la hauteur des pyramides & celle à laquelle peut s'élever une Machine aéroſtatique, puiſque, à en juger par les expériences que nous connoiſſons, la Machine de Verſailles, celle des trois qui s'eſt élevée le moins haut, & qui, avant de commencer à monter, avoit à ſa partie ſupérieure une fente longue de ſept pieds, s'eſt cependant portée à une élévation triple de celle de la plus haute des pyramides.

Au reſte, quelque nombreuſes & quelque intéreſſantes que ſoient les applications qu'on pourra faire des Machines aéroſtatiques aux ſciences & aux arts, ce n'eſt point par les uſages ſeuls auxquels on pourra employer ces Machines, que la découverte de MM. de Montgolfier me paroît importante; & les avantages qu'on pourra tirer quelque jour du gaz qu'ils ont imaginé, ſont peut-être encore plus étonnans.

Enfin, ſous quelques rapports qu'on la conſidère, l'expérience d'Annonay me paroît être une de ces expériences fondamentales qui reſtent à jamais gravées dans la mémoire des hommes, & méritent de faire époque dans l'hiſtoire des connoiſſances humaines. Loin donc de la regarder comme un ſimple amuſement, ou d'en faire un ſujet de plaiſanteries puériles, il me ſemble que c'eſt plutôt avec une reconnoiſſance reſpectueuſe que nous devrions recevoir une découverte qui promet aux hommes tant de connoiſſances nouvelles & des ſecours auſſi puiſſans, qui eſt digne par ſa beauté d'exciter une noble jalouſie chez nos rivaux, & qui fait autant d'honneur à la nation dans le ſein de laquelle ſes auteurs ont pris naiſſance.



LETTRE

De M. BOURGEOIS, à M. FAUJAS DE SAINT-FOND (1).

J'AI l'honneur, Monſieur, de vous envoyer mes obſervations ſur le Ballon du Champ de Mars.

Dimenſions du Ballon.

Diamètre. . . . . 12 pi. 2 po.
Circonférence... 38 pi. 3 po. 8 li., &c.
Air circulaire... 116 pi. 3 po. 1 li. 6 poi. quar., &c.
Superficie . . . 465 pi. 0 . . . 6 li. 2 poi. quar., &c.
Solide. . . . . 943 pi. 0 . . . 6 li. cub., &c.

L'air déplacé par le ſolide, étant évalué ſur le baromètre, qui marquoit au moment du départ du Ballon, 28 pouces 1 $\frac{1}{2}$ lig. produiſant

(1) M. David Bourgeois joint à la plus grande modeſtie, des connoiſſances diſtinguées en géométrie & en littérature ; il s'occupe, dans ce moment, à compulſer à la bibliothèque du Roi, les manuſcrits & livres anciens, grecs, latins, italiens, françois, eſpagnols, &c., où il eſt queſtion de différens arts curieux, connus par les anciens. L'on trouvera, dans l'ouvrage qu'il ſe propoſe de publier à ce ſujet, tout ce qui a été écrit ſur l'art de voler; ſur celui de conſtruire des automates, &c.

782 grains le pied cube, auroit pesé 80 liv. 1 once, 4 gros, 27 grains, si le Ballon avoit été rempli entièrement. Il ne l'a pas été, & il ne devoit pas l'être. Une circonstance imprévue a privé d'employer les moyens qui auroient pu donner une approximation satisfaisante du vuide. Il a été présumé de $\frac{1}{8}$, de $\frac{1}{10}$, ou de $\frac{1}{12}$.

Cette incertitude oblige de faire trois suppositions pour l'évaluation de l'air déplacé & celle de l'air inflammable ; car l'augmentation du vuide diminue le déplacement. On le considérera donc égal à 74, ou à 72, ou à 70.

La force d'ascension du Ballon étoit, lorsqu'il a été livré à l'air, de 35 liv. Elle étoit conséquemment à l'air déplacé dans le rapport de 35 à 74, ou de 35 à 72, ou de 1 à 2.

La détermination de la légéreté de l'air inflammable est soumise à ces trois suppositions, dans cette forme :

Poids du Ballon vuide	25,	ou 25,	ou 25 liv.
Force d'ascension....	35....	35....	35
Poids de l'air inflammable contenu dans le Ballon.........	14....	12....	10 liv.
Air déplacé.........	74,	ou 72,	ou 70 liv.

L'air inflammable aura donc été à l'air atmosphérique, dans le rapport de 1 à $5\frac{2}{7}$, ou de 1 à 6, ou de 1 à 7.

La faute commiſe par l'intromiſſion de l'air atmoſphérique dans le Ballon avant ſon départ, ne dérange point ces apperçus ; car, en déplaçant extérieurement cet air, il le remplaçoit intérieurement. Il y cauſoit une compreſſion nuiſible à l'enveloppe du Ballon ſans y produire aucun bon effet.

Il n'en eſt pas de même d'une autre faute commiſe en introduiſant dans le Ballon une trop grande quantité d'air inflammable; elle a eu ſon effet en accélérant l'aſcenſion, ſans rien ajouter à la preuve qu'on vouloit obtenir de la découverte de MM. de Montgolfier, qui étoit le but unique de cette première expérience ; mais elle a nui en rendant les obſervations de cette aſcenſion plus difficiles à apprécier. Elle a enlevé trop tôt le Ballon aux yeux des Spectateurs, qui en auroient joui par l'événement du tems, depuis l'inſtant du départ juſqu'à celui de la ſeconde diſparition, parce que le nuage chargé de pluie qui l'a couvert momentanément, auroit été porté plus loin dans l'intervalle de l'élévation moins prompte, & le Ballon ſeroit entré plus tard dans le dernier nuage. Cette introduction trop outrée d'air inflammable a eu encore l'inconvénient d'augmenter le degré de force expanſive de cet air qui, n'ayant plus que très-peu

de réaction sur lui-même, s'est porté avec violence contre les parois du Ballon, & s'y est pratiqué une ouverture.

Sans ces deux fautes, & en se bornant à une force d'ascension de 24 liv., la liberté de la réaction dans le Ballon auroit été de $\frac{1}{3}$, & l'air déplacé réduit à 54 liv., la force d'ascension auroit été à cet air dans le rapport de 4 à 9. Le Ballon auroit pu s'élever dans cette supposition à 2200 toises environ, & dans l'état forcé où il a été mis, si la fracture n'a été produite qu'après sa plus haute ascension, elle aura pu être à 2500, ou à 2600 toises.

Le calcul de ces élévations est conjectural & point positif. La connoissance de l'augmentation de la raréfaction de l'atmosphère dans la progression de son éloignement de la terre, de même que de toutes les circonstances qui peuvent y causer des variations, est imparfaite. Les Ballons aérostatiques nous procureront de meilleures instructions. On ne pouvoit avant leur découverte, pénétrer l'atmosphère qu'en gravissant les hautes montagnes; les vapeurs s'y élèvent encore, quoiqu'en quantité moindre, & ces vapeurs apportent plus ou moins de différence à l'état vrai de l'air libre suivant la nature du sol dont elles émanent.

Il ne faut pas omettre d'observer encore

que les points auxquels les élévations ſont évaluées ci-deſſus, ſont ceux où l'équilibre eſt préſumé s'établir entre la peſanteur du Ballon & celle de l'air environnant. Or, il eſt probable qu'il aura pu s'élever plus haut, parce qu'il aura eu dans ce moment-là une force de libration qui l'y aura lancé. Faudra-t-il appliquer ici les loix de la chûte des corps graves, quoique la raiſon de l'aſcenſion étant produite par la différence des peſanteurs ſpécifiques & réciproques, & diminuée par la réſiſtance de l'air, cette raiſon décroiſſe de plus en plus à meſure que le corps léger s'approche du lieu de l'équilibre? Que reſtéra-t-il de force, lorſque cette raiſon décroiſſante ſera éteinte? Quel eſpace ce reſte fera-t-il parcourir, étant combattu par une double raiſon de légéreté & de réſiſtance croiſſante, qui déprimera le corps aſcendant, & le fera retomber au-deſſous de l'équilibre? Ce jeu des oſcillations ſe répétera ſans doute un grand nombre de fois, & le ſpectacle en ſera très-intéreſſant étant obſervé avec le téleſcope, ou avec de bonnes lunettes.

Je ſuis, &c.

David Bourgeois.

P. S. Je viens d'avoir en communication la lettre de M. de Meusnier. Il répond avec beaucoup de sagacité, à plusieurs questions qui terminent mes observations. Nous différons dans quelques résultats, par deux causes; 1°. la pesanteur de l'air. J'ai suivi, pour sa détermination, les rapports que les meilleures expériences connues m'indiquoient, en les conciliant par une approximation moyenne, au lieu que M. de Meusnier a fait de cet objet une question particulière, dont la solution l'a conduit à rectifier les anciennes évaluations. 2°. Il n'a pas tenu compte du vuide resté dans le Ballon; je suis cependant très-certain de son existence. M. de Meusnier a droit d'ailleurs aux éloges les mieux mérités, pour l'exactitude, la précision & l'élégance de ses calculs.



EXPÉRIENCES

Faites à Paris, rue de Montreuil, Fauxbourg Saint-Antoine, le 19 Octobre 1783, avec une Machine aéroſtatique, qui s'eſt élevée avec deux hommes, à la hauteur de 324 pieds.

QUOIQUE l'expérience de Verſailles eût été très-ſatisfaiſante, comme la Machine dont on ſe ſervit fut déchirée, par l'effort du gaz, dans la partie ſupérieure, ce qui l'empêcha de s'élever à la hauteur où elle auroit dû parvenir; M. de Montgolfier réſolut d'en faire conſtruire une ſeconde plus grande & beaucoup plus ſolide, & avec laquelle il ſe propoſa de faire des eſſais propres à perfectionner une découverte dans laquelle l'on ne pouvoit avancer que lentement & par progreſſion.

L'on prit tout le tems & toutes les précautions néceſſaires pour la conſtruction de cette Machine, & le 10 du mois d'octobre, elle fut entièrement finie.

Sa forme étoit ovale, ſa hauteur de 70 pieds, ſon diamètre de 46, & ſa capacité de 60000 pieds cubes; la partie ſupérieure entourée de fleurs-de-lys, étoit ornée des douze ſignes du

zodiaque en couleur d'or, le milieu portoit les chiffres du Roi, entremêlés de ſoleils, & le bas étoit garni de maſcarons, de guirlandes & d'aigles à aîles déployées, qui paroiſſoient ſupporter en volant cette ſuperbe Machine à fond d'azur.

Une galerie circulaire conſtruite en oſier, & revêtue en toiles, ſur leſquelles on avoit peint des draperies & d'autres ornemens, étoit attachée par une multitude de cordes au bas de la Machine; elle avoit environ trois pieds de largeur; il y régnoit de droite & de gauche une baluſtrade de 3 pieds & demi de hauteur. Cette galerie ne gênoit ni n'interrompoit en aucune manière l'ouverture d'environ quinze pieds de diamètre qui étoit au bas de la Machine, elle lui ſervoit au contraire de prolongement, & c'étoit au milieu de cette ouverture qu'on avoit placé un réchaud en fil de fer ſuſpendu par des chaînes, au moyen duquel les perſonnes qui étoient dans la galerie avec des approviſionnemens de paille, avoient la facilité de développer du gaz à volonté. La planche VIII donne une idée beaucoup plus exacte de cet appareil, que tout ce que je pourrois en dire ici.

Cette Machine telle que je viens de la décrire, peſoit au moins ſeize cens livres.

L'on avoit eu ſoin d'avertir le Public dans le Journal de Paris, du 11 octobre, que les expériences qu'on ſe propoſoit de faire, regardoient eſſentiellement les ſavans, & que plus elles pouvoient être intéreſſantes pour la phyſique, moins elles devoient amuſer les perſonnes que la ſimple curioſité y attireroit.

Cette précaution avoit paru néceſſaire pour ſe ſouſtraire à l'empreſſement général, avant qu'on eût pu obtenir quelques réſultats ſatisfaiſans. Il étoit prudent & utile dans une occaſion pareille, de procéder tranquillement & ſans trouble avec des gens exercés dans l'art des expériences, car celle-ci devoit naturellement préſenter des difficultés. L'on ſait que lorſqu'on n'eſt point gêné par l'inquiétude du ſuccès qui dépend ſouvent de la plus légère circonſtance, l'on travaille avec bien plus de confiance; chacun aide de ſes conſeils, & tout le monde étant coopérateur, l'intérêt devient général; &, loin de porter alors un œil critique ſur les opérations, l'on met une eſpèce d'amour-propre à les voir réuſſir.

Mais cette ſage réſolution ne put avoir lieu que juſqu'à un certain point, dans une ville telle que Paris, où une multitude de conſidérations ne permettent pas toujours d'exécuter ce qu'on ſe propoſe de faire.

Dès qu'on ſut donc qu'il étoit queſtion d'expériences, l'on accourut de toute part; & comme l'on ne put d'abord refuſer l'entrée à des perſonnes de haute conſidération qui ſe préſentèrent, beaucoup d'autres mirent en œuvre bien des moyens pour être admiſes; & des eſſais qu'on avoit réſolu de ne faire qu'en comité, devinrent preſque ſur-le-champ des expériences ſolemnelles.

Le mercredi 15 octobre, M. Pilatre de Rozier, qui a donné dans pluſieurs occaſions des preuves de l'intelligence & du courage qu'il porte dans des expériences hardies où il n'a pas craint ſouvent d'expoſer ſa vie, ayant déjà fait quelques eſſais terre à terre avec la Machine aéroſtatique, déſira ardemment qu'on l'enlevât, s'il étoit poſſible, à une grande hauteur : il ſe plaça pour cet objet dans la galerie. La Machine fut gonflée, elle partit en conſervant le plus parfait équilibre, & s'éleva juſqu'à la longueur des cordes qu'on y avoit attachées pour la retenir; c'eſt-à-dire juſqu'à 80 pieds de hauteur, & elle y reſta en ſtation pendant quatre minutes vingt-cinq ſecondes, ſans que M. Pilatre de Rozier éprouvât la plus légère incommodité.

Ce qu'il y eut de très-intéreſſant dans cette expérience, c'eſt que l'on fut raſſuré ſur un

point qui avoit paru inquiéter généralement tout le monde ; c'eſt-à-dire, ſur la manière dont la Machine tomberoit, lorſque le gaz s'affoibliroit; mais l'on vit clairement, qu'au lieu de tomber, elle deſcendoit avec lenteur étant toujours tendue, & qu'après avoir touché terre, elle partoit de nouveau & s'élevoit encore à une certaine hauteur, lorſque la perſonne qui étoit dedans, l'allégeoit en ſortant de la galerie.

Le vendredi 17, on répéta les mêmes expériences ; l'empreſſement de les voir fut tel, que l'affluence du monde étoit extrême ; il étoit difficile de réunir une plus brillante aſſemblée ; mais un vent contraire qui s'éleva nuiſit au ſuccès de ces expériences, & quoique M. Pilatre de Rozier fût enlevé à-peu-près à la même hauteur que le mercredi, la Machine fatiguée par le vent & par la réſiſtance des cordes qui la retenoient, ſe ſoutint moins bien, & ne produiſit pas un ſi bel effet que dans l'expérience précédente, & c'eſt alors qu'on ſentit très-bien qu'il eût été à déſirer qu'on ſe fût refuſé à l'empreſſement du public, parce qu'il arrive ſouvent qu'une expérience vue par des perſonnes qui y aſſiſtent plutôt par objet de curioſité que par motif d'inſtruction, & qui voudroient que tout tournât à leur

amuſement, & à leur pleine ſatisfaction, nuit quelquefois aux progrès d'une découverte, parce que le Public ne calcule jamais les peines & les ſoins de toute eſpèce qu'elle peut avoir coûtés à celui qui en eſt l'auteur; mais heureuſement que le Dimanche ſuivant M. de Montgolfier choiſit un beau tems pour faire de nouvelles expériences qui ont conſtaté de la manière la plus authentique, les progrès graduels, mais rapides de cette Machine, entre les mains de celui qui en étoit l'inventeur.

Première Expérience.

Le 19 octobre, à quatre heures & demie, & en préſence de plus de deux mille perſonnes, la Machine dont on avoit diminué la galerie, fut remplie de gaz en cinq minutes, & M. de Rozier étant placé dans la galerie avec un poids de cent livres dans la partie oppoſée pour faire équilibre, fut enlevé à la hauteur de 200 pieds; la Machine ſe ſoutint ſix minutes à cette élévation ſans feu dans le réchaud.

Deuxième Expérience.

La Machine portant M. Pilatre de Rozier avec le contrepoids de cent livres, le feu étant dans

le réchaud, fut enlevée à 250 pieds de hauteur, où elle resta en station pendant huit minutes & demie; comme on la retiroit, un vent d'est la porta sur une touffe de très-grands arbres dans un jardin voisin où elle s'embarrassa, sans perdre l'équilibre: l'on renouvela le gaz, & elle se retira elle-même de ce mauvais pas, en s'élevant pompeusement dans l'air au bruit des acclamations publiques. Cette seconde expérience fut très-instructive; l'on n'avoit pas manqué de dire que si jamais une telle Machine tomboit sur une forêt, elle seroit détruite, & feroit courir les plus grands dangers à ceux qui seroient dedans; cet exemple prouva que la Machine ne *tombe* pas, mais qu'elle *descend;* qu'elle ne se renverse pas; qu'elle ne se détruit pas sur les arbres; qu'elle ne fait périr ni souffrir les voyageurs qu'elle porte; qu'au contraire ces derniers, en produisant du nouveau gaz, lui donnent les moyens de se tirer d'embarras, & qu'elle peut reprendre sa route malgré un événement pareil.

M. de Rozier donna encore un exemple de la facilité qu'il y a de descendre & de remonter à volonté; car la Machine étant parvenue à plus de 200 pieds, elle descendit lentement; & comme elle approchoit de terre, M. de Rozier produisit très-adroitement &

très-à-propos du gaz, & elle repartit subitement pour regagner sa première place.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

La Machine partit avec M. de Rozier & un compagnon de voyage, *M. Giroud de Villette*; & comme l'on avoit allongé les cordes, elle s'éleva jusqu'à la hauteur de 324 pieds; & elle y resta dans le plus parfait équilibre au moins neuf minutes; c'étoit un spectable bien extraordinaire que celui de voir pour la première fois des hommes portés à cette élévation, & s'y soutenir sans danger & sans inquiétude.

La Machine étoit d'un superbe effet à cette hauteur; elle dominoit sur Paris, & elle étoit vue de tous les environs; sa grandeur ne paroissoit pas avoir diminué aux yeux des spectateurs placés dans le lieu où se faisoit l'expérience; mais les hommes étoient à peine visibles : l'on distinguoit avec des lunettes M. de Rozier occupé à produire du gaz avec autant d'intelligence que d'ardeur.

Lorsque la Machine fut redescendue, ces Messieurs assurèrent qu'ils n'avoient pas éprouvé la plus légère incommodité; ils reçurent les justes applaudissemens que leur zèle & leur

courage leur avoit mérités; & M. *le marquis d'Arlandes*, major d'infanterie, prit ensuite la place de M. *Giroud de Villette*, & fut enlevé avec M. Pilatre de Rozier. Cette dernière expérience eut le même succès que la précédente : il est certain que si la Machine n'eût pas été retenue, elle auroit été portée au moins à douze cens toises d'élévation.

Voilà donc des faits à l'abri de toute critique, qui prouvent que des hommes peuvent être enlevés à une assez grande hauteur sans danger, par un moyen inconnu jusqu'alors, & qui constatent les succès progressifs des expériences faites par M. de Montgolfier; c'est là sans doute la meilleure réponse qu'on puisse faire aux détracteurs de cette étonnante Machine, dont la perfection sera peut-être portée au-delà de nos espérances, si quelques jours des souverains veulent s'en occuper beaucoup plus en grand, & sur-tout s'ils mettent de la constance dans leurs recherches; & s'ils ne se laissent pas rebuter par les difficultés qu'il faudra vaincre avant de parvenir à la manœuvrer à volonté. Il faut faire attention sur-tout qu'il y a bien moins loin de la Machine aérostatique actuelle qui porte dans ce moment des hommes, à une Machine qui en porteroit un grand nombre, qu'il y en a du simple canot

d'un ſauvage, à un vaiſſeau de cent pièces de canons qui ſe joue de l'effort des vagues, & qui peut traverſer impunément les mers en voyageant d'un pôle à l'autre.

LETTRE

De M. DE MONTGOLFIER à M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

Paris, le 20 Octobre 1783.

MONSIEUR, il me ſemble vous avoir entendu projetter de donner au Journal un précis des expériences que j'ai faites la ſemaine dernière. Une obſervation qui ſans doute, ne vous a pas échappé, mais qui a beſoin d'être préſentée à la plupart des perſonnes qui ne jugent que d'après leurs yeux, eſt que dans les expériences précédentes, ſur-tout celle du vendredi, il faiſoit un peu de vent, ce qui obligeoit de contenir la Machine avec des cordages pour qu'elle ne dérivât pas dans les jardins voiſins ou ſur les maiſons. Il en réſultoit que les cordes devoient faire un angle avec l'horizon, tel que la hauteur perpendiculaire de la Machine fût à l'éloignement des hommes qui tenoient les cordages, com-

me la tendance de la Machine à monter eſt à l'impreſſion que le vent faiſoit ſur elle ; & comme les cordes ont preſque toujours fait un angle de 45 degrés avec l'horizon, il ſuit qu'environ les $\frac{7}{10}$ de la force du vent étoient employés à repouſſer la Machine en bas. Cet effet devenoit encore plus ſenſible lorſqu'on tiroit les cordages pour ramener la Machine verticalement au-deſſus de la partie libre du jardin. Les $\frac{7}{10}$ de la force qu'on employoit à la tirer, réagiſſoient pour la faire deſcendre, en ſorte que cet effort étant au moins de 5 à 600 livres, il en a dû réſulter une ſurcharge de 350 à 400, qui n'eût pas eu lieu ſi la Machine eût été en liberté.

Ainſi, c'eſt autant à la tranquillité de l'air, qu'à l'allégement de 100 que j'ai procuré à la Machine, qu'on doit attribuer le plein ſuccès de l'expérience d'hier, & je vous avoue que je n'euſſe pas eſpéré qu'en ſi peu de tems on pût ſe rendre aſſez maître de la production du gaz pour venir raſer la terre, & de là ſe relever ſans y toucher, ainſi que M. de Rozier en eſt venu à bout deux fois de ſuite.

LA lettre de M. *Giroud de Villette*, compagnon de voyage de M. de Rozier, renfermant quelques détails intéreſſans, j'ai cru qu'elle devoit trouver place ici.

LETTRE

De M. Giroud de Villette, aux Auteurs du Journal de Paris.

Du 28 Octobre 1784.

MESSIEURS, hier 19 du courant, en qualité d'adjoint de la manufacture royale de M. Réveillon, j'ai obtenu de ces Meſſieurs la permiſſion de monter dans la partie du panier oppoſée à celle où étoit M. Pilatre de Rozier, pour lui ſervir de contre-poids; je me ſuis trouvé preſque dans l'intervalle d'un quart de minute, élevé de quatre cens pieds de terre, ſuivant le rapport qu'on m'en a fait; nous reſtâmes dans cette poſition dix minutes. Mon premier ſoin, Meſſieurs, fut d'admirer, à la faveur d'un trou large de quatre pouces, le phyſicien intelligent que j'avois l'honneur d'accompagner; ſon courage, ſon

agilité, ſes talens à bien manœuvrer & conduire ſon feu m'enchantèrent. En me retournant je diſtinguai les boulevards depuis la porte Saint-Antoine juſqu'à celle Saint-Martin, tout couverts de monde, qui me paroiſſoit former une plate-bande allongée de fleurs variées. La rue Saint-Antoine, les jardins qui nous environnoient me repréſentoient la même choſe; enſuite voulant m'occuper du ſujet qui m'avoit engagé à faire ce voyage, je promenai ma vue dans le lointain; d'abord je vis la butte Montmartre, qui me ſembloit être de moitié plus baſſe que notre niveau; je découvris facilement Neuilli, Saint-Cloud, Sève, Iſſy, Ivry, Charenton, Choiſy, & peut-être Corbeil que le léger brouillard m'a empêché de diſtinguer; dès l'inſtant je fus convaincu que cette Machine peu diſpendieuſe, feroit très-utile dans une armée pour découvrir la poſition de celle de ſon ennemi, ſes manœuvres, ſes marches, ſes diſpoſitions, & les annoncer par des ſignaux aux troupes alliées de la Machine. Je crois qu'en mer, il eſt également poſſible, avec des précautions, de ſe ſervir de cette Machine. Voilà, Meſſieurs, une utilité inconteſtable, que le tems nous perfectionnera; tout mon regret eſt de n'avoir pas penſé à me munir d'une lunette d'approche.

M. Sage ayant bien voulu me communiquer une lettre qui vient de lui être adressée de S. Pétersbourg par un savant, que le grand-duc de Russie a chargé de répéter l'expérience de M. de Montgolfier, j'ai cru que cette lettre seroit accueillie avec d'autant plus d'intérêt, qu'elle nous apprend qu'un prince distingué par ses connoissances daigne s'en occuper, & que le célèbre Léonard Euler, que la mort vient d'enlever aux sciences, avoit senti le mérite de cette découverte, & en avoit fait l'objet de ses derniers calculs.

LETTRE

Ecrite de S. Pétersbourg, par M. Rome, à M. Sage, de l'Académie Royale des Sciences.

A S. Pétersbourg, ce 4 Octobre 1783.

Monsieur, j'ai eu l'honneur de vous écrire dernièrement au sujet du Globe aérostatique de M. de Montgolfier ; c'est pour le même objet que je vous écris encore aujourd'hui. Cette expérience d'une simplicité dont tout le monde saisit le principe, & dont le résultat est des plus étonnant, méritoit l'accueil

le plus général. Ici toutes les bonnes têtes s'en occupent. Le fameux géomètre Léonard Euler en a fait l'objet de ses derniers calculs ; il y a vu un beau problême de méchanique à résoudre, & il a trouvé qu'un grand Globe de 100 pieds devoit s'élever avec une vîtesse de 41 pieds par secondes. En attendant que les physiciens en fassent des applications utiles, on s'empresse de toutes parts de répéter l'expérience d'Annonay ; Monseigneur le grand-duc a le plus vif désir qu'elle se fasse sous ses yeux. Je suis chargé de m'en occuper, mais j'avoue que pour l'entreprendre, il me faut des renseignemens plus étendus & plus fidèles, que ceux que donnent les feuilles publiques qui sont remplies d'inexactitudes monstrueuses.

Je m'adresse à vous, Monsieur, pour avoir des détails qui m'éclairent sur tout ce qui regarde la construction & la manipulation de ce Ballon. Votre zèle à répandre tout ce qui mérite de l'être, me répond de l'accueil que vous accorderez à mes questions, auxquelles je vous prie d'intéresser, par vos recommandations, M. Faujas de Saint-Fond, & ceux de Messieurs vos confrères qui voudront bien donner de pareils détails sur le Globe de 70 pieds. Ce qui m'intrigue le plus, est de savoir comment & de quel corps on s'est pro-

curé une quantité auſſi énorme d'air inflammable ; comment on l'a introduit avec le moins de mêlange poſſible, dans le Globe ? Comment a-t-on chaſſé l'air commun pour lui faire place ? Connoît-on enfin le procédé de diſſoudre la gomme élaſtique ? Je vous demande inſtamment de me donner ſur cet objet, tout ce que vous aurez appris, & ſur-tout d'y joindre vos obſervations, elles me ſeront précieuſes pour répéter cette expérience. J'ignore auſſi ſi la carcaſſe eſt à demeure ſous l'enveloppe du Ballon, & ſi en s'élevant, il doit entraîner avec lui toute cette charpente intérieure : j'ignore les précautions qu'on a priſes pour garantir de tout accident, jusqu'à l'inſtant de l'élévation, ce Globe délicat.

Cette lettre vous ſera envoyée par le prince Bariatinski, miniſtre de Ruſſie à Paris. La célérité eſt une des demandes les plus eſſentielles. Je vous prie d'y avoir égard, autant que vous le permettront vos nombreuſes occupations.

S'il exiſte quelques deſcriptions imprimées de cette expérience, je vous prie de l'indiquer à ceux de mes amis à Paris, qui vous iront voir pour cet objet, & que je recommande à vos bontés.

LETTRE

De M. PILATRE DE ROZIER, Chef du premier Musée autorisé par le Gouvernement, sous la protection de MONSIEUR & de MADAME, à M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

MONSIEUR, consulté à chaque instant sur le prix & les proportions d'une Machine aérostatique, je prends le parti de vous adresser des observations qui deviendront, peut-être, de quelqu'utilité aux Amateurs qui attendent l'ouvrage intéressant que vous projettez. Heureux, Monsieur, si le désir de répondre à vos vues, peut vous convaincre des sentimens très-distingués, avec lesquels j'ai l'honneur d'être, &c.

PILATRE DE ROZIER.

Au premier Musée, ce 28 Septembre 1783.

CALCUL

De la quantité de gaz inflammable obtenu par la combinaison du fer avec l'acide vitriolique, & du zinc avec l'acide marin.

Première Expérience.

Gaz inflammable, dont le poids est à celui de l'air atmosphérique (1), *dans le rapport de 7 à 43.*

	l.	d.
Six onces d'acide vitriolique, à 66 degrés (2), coûtent. .	4	3
Quatre onces de limaille de fer extrait à l'aimant.	1	
Dix-huit onces d'eau distillée, & menus frais.	1	
Ces trois matières mêlées, ont fourni *un pied cube* de gaz. La dissolution ayant été aidée par la chaleur, a été complette dans une heure ¼. Le prix du pied cube a donc coûté à Javelle.	6	3

(1) Le terme moyen de la pesanteur de l'air atmosphérique, est lorsque le baromètre est à 28 pouces.

(2) L'acide vitriolique, à 66 degrés, est le plus concentré du commerce, à l'aréomètre de *M. Baumé.*

SECONDE EXPÉRIENCE.

Gaz inflammable, dont le poids est à celui de l'air atmosphérique, comme 5 : 53.

	liv.	f.	d.
Six onces de limaille de zinc..		5	
Six onces d'acide marin, très-concentré............		7	6
Seize onces d'eau distillée, & menus frais..........		1	
Mêlés ensemble ont produit un pied cube de gaz. La saturation ayant été aidée par la chaleur, a été parfaite dans ¾ d'heure. Ce pied cube de gaz inflammable, très-léger, a par conséquent coûté à la manufacture............		13	6

Les deux expériences que je viens de présenter, étant le résultat exact d'un grand nombre d'essais particuliers, peuvent devenir des termes de comparaison pour des Globes de différens diamètres. Par exemple, si l'on vouloit connoître le prix d'un Globe de 30 pieds de diamètre, ainsi que le poids qu'il pourroit supporter, pour rester en équilibre avec l'air atmosphérique, à 28 pouces.

Circonférence	94$^{pi.}$	3$^{po.}$	
Superficie	2827$^{pi. quar.}$		
Solidité	14137$^{pi. cub.}$		
Le pied cube d'air déplacé, pesant dix gros, lorsque le baromètre est à 28 pouces, fournit en légèreté	1104$^{l.}$	7$^{onc.}$	2$^{gr.}$
Dont il faut d'abord déduire le poids de 339 aunes de taffetas, évalué d'après celui de M. Robert, à 6 onces l'aune	127	2	
Reste en légèreté	977	5	2
En défalquant encore, pour les sangles, cordons, soies & robinet	25		
Reste en légèreté	952	5	2
Enfin, je suppose le Globe plein de gaz, quoique les $\frac{3}{4}$ suffisent, comme je l'ai évalué, à près d'un sixième du poids de l'air commun, qu'il a déplacé; c'est donc encore à soustraire de l'excès de légèreté	184	1	1 $\frac{2}{5}$
Il restera donc de légèreté ...	768	4	0 $\frac{1}{2}$

Prix des matières.

Trois cens trente-neuf aunes de taffetas $\frac{5}{8}$ gommé à la copale, à double couche, faiſant le vuide comme la veſſie, à raiſon de 10 livres l'aune.	3390[l.]		
Cinq aunes pour les coutures	50		
14137 pieds cubes de gaz tiré du fer à 6 ſ. 3 den. le pied cube.	4417	16[ſ.]	6[d.]
Total du prix de la Machine . . .	7857[l.]	16[ſ.]	6[d.]
Si on employoit le gaz retiré du zinc, le Globe pourroit ſupporter 78 livres de plus, mais il coûteroit alors 4124 l. 13 ſ. de plus que le précédent Globe; ce qui feroit en tout	11982	9	6
Malgré tous les ſoins qu'on pourroit apporter à l'exécution d'un Globe de cette eſpèce, il perdroit chaque jour au moins 6 liv. de gaz, ce qui feroit une ſomme de 452 pieds cubes $\frac{56}{452}$ à 6[ſ.] 3[d.] le pied cube en argent. . . .	141	15	3

D'après

D'après une perte journalière auſſi conſidérable, on voit l'impoſſibilité de faire uſage du gaz inflammable dans les expériences en grand, à moins qu'on ne trouve une enveloppe dont le tiſſu ſoit plus ſerré que la veſſie & la baudruche qui laiſſe tamiſer les deux eſpèces de gaz, avec une facilité qu'on n'avoit pas encore appréciée, avant les dernières expériences de M. Faujas de Saint-Fond (1).

(1) J'ai ſuppoſé la Machine conſtruite & remplie dans une manufacture autre que celles de la capitale; ſans quoi j'aurois tenu compte des droits impoſés ſur les acides & autres matières, qui augmentent de près d'un ſixième les prix indiqués.



TABLEAU comparatif des principales dimensions des Machines aérostatiques à air inflammable, avec diverses enveloppes, & des poids qu'elles peuvent enlever, en supposant l'air inflammable dans le rapport de 1 à 8.

OBSERVATIONS.

Ces calculs sont faits pour trois especes d'enveloppes ; savoir, de peau de chevre pesant 4 onces le pied quarré ; de peau de mouton pesant 2 onces $\frac{2}{3}$ le pied quarré ; & de taffetas enduit pesant $\frac{3}{4}$ d'once le pied quarré ; il faudra déduire du poids de l'équilibre celui de tout ce qui sera ajouté à l'étoffe des Machines.

Diamètres.	*Superficies.*	*Solides.*	*Force en peau de chevre.*	*En peau de mouton.*	*En taffetas enduit.*	
pieds.	pieds.	pieds.	liv.	liv.	liv.	onces.
5	78 $\frac{4}{7}$	65 $\frac{10}{21}$	......	......	1	2
8	201 $\frac{1}{8}$	268 $\frac{11}{21}$	......	......	11	
10	314 $\frac{2}{7}$	523 $\frac{17}{21}$	......	......	24 $\frac{1}{2}$	
12	452 $\frac{4}{7}$	905 $\frac{1}{7}$	......	......	49	
14	616	1437 $\frac{1}{3}$	......	4	82	
16	804 $\frac{4}{7}$	2145 $\frac{11}{21}$	......	25	128	
18	1018 $\frac{2}{7}$	3054 $\frac{6}{7}$	......	50	196	
20	1257 $\frac{1}{7}$	4190 $\frac{10}{21}$	......	101	265	
22	1521 $\frac{1}{7}$	5577 $\frac{11}{21}$	33	160	342	
24	1810 $\frac{2}{7}$	7241 $\frac{1}{7}$	83	234	451	
26	2124 $\frac{4}{7}$	9206 $\frac{5}{7}$	150	327	582	
28	2464	11498 $\frac{2}{3}$	230	441	730	
30	2828 $\frac{4}{7}$	14142 $\frac{6}{7}$	340	576	916	
35	3850	22458 $\frac{1}{3}$	700	1101	1482	
40	5028 $\frac{4}{7}$	33723 $\frac{17}{21}$	1240	1659	2261	
45	6364 $\frac{2}{7}$	47732 $\frac{1}{7}$	1944	2474	3236	
50	7857 $\frac{1}{7}$	65476 $\frac{11}{21}$	2884	3539	4480	
60	11314 $\frac{[illegible]}{7}$	113142 $\frac{5}{7}$	5550	6493	7973	
70	15400	179666 $\frac{2}{3}$	9455	10738	12583	
80	20114 $\frac{2}{7}$	268191 $\frac{1}{7}$	14850	16526	18936	
90	25457 $\frac{1}{7}$	381857 $\frac{1}{7}$	21914	24048	27085	
100	31428 $\frac{4}{7}$	523809 $\frac{11}{21}$	30934	33553	37943	
125	49107 $\frac{1}{7}$	1023065 $\frac{10}{21}$	63487	67579	73462	
150	70714 $\frac{2}{7}$	1767857 $\frac{1}{7}$	113242	119135	127605	
175	96250	2807291 $\frac{2}{3}$	183834	191855	203385	
200	125714 $\frac{2}{7}$	4190476 $\frac{4}{21}$	278901	289377	304437	

Equilibre des Machines en toile, remplies ſuivant les procédés de MM. de Montgolfier, en ſuppoſant l'air qui y eſt contenu, moitié moins peſant que l'air atmoſphérique, & le poids de l'enveloppe à 2 onces par pied quarré.

Diamètres.	20 pieds ſupporteroient	20 livres.
	22	46
	24	80
	26	128
	28	178
	30	245
	35	469
	40	794
	45	1224
	50	1788
	60	3373
	70	5678
	80	8835
	90	12977
	100	18238
	125	37162
	150	66097
	175	106766
	200	155357

DANS l'inſtant où cet Ouvrage alloit paroître, j'ai reçu les détails curieux d'une expérience faite à Lyon par M. de Montgolfier l'aîné ; je m'empreſſe de les faire connoître, avec d'autant plus de plaiſir, qu'ils préſentent un moyen très-ingénieux pour alimenter le feu des Machines aéroſtatiques. L'on verra d'ailleurs avec intérêt, que la Machine enlevée à Lyon, ayant trouvé dans la région des nuages un vent de nord, ſuivit pendant quelque tems cette direction; mais que ſa force d'aſcenſion lui ayant permis de traverſer ce courant, elle en rencontra un ſecond au-deſſus, qui la porta dans un autre ſens; obſervation qui peut ſervir à répandre un grand jour ſur la navigation aérienne, ſi l'on parvient jamais à voyager avec les Machines aéroſtatiques.

Au reſte, M. de Montgolfier l'aîné, étant chargé de préſider à de nouvelles expériences, qui doivent être faites à Lyon avec une Machine aéroſtatique de cent pieds de diamètre, il eſt à préſumer qu'on en obtiendra des réſultats qui tendront à accélérer de plus en plus les progrès de cette belle découverte. Je m'empreſſerai de faire connoître les détails de cette

expérience, ainſi que de toutes celles qu'on ſe propoſe d'exécuter à Paris, à Londres, à Pétersbourg & en Italie; des correſpondans éclairés ont bien voulu me promettre de m'inſtruire avec exactitude ſur tout ce qui ſera fait à ce ſujet, & je ne perdrai pas un inſtant moi-même pour en faire jouir le Public, par un ſupplément qui ſervira de ſuite à cet Ouvrage.

EXPÉRIENCE

Faite à Lyon, chez M. l'Intendant, par M. DE MONTGOLFIER *l'aîné.*

LA Machine enlevée chez M. l'Intendant de Lyon, étoit conſtruite en ſimple papier; ſa forme étoit celle de deux pyramides quadrangulaires tronquées, réunies par leur baſe, qui avoit huit pieds de côté; les ſommets tronqués en avoient quatre, & l'axe commun huit, ce qui ne formoit qu'une contenance de 300 pieds cubes tout au plus.

La réunion des baſes étoit aſſujettie par quelques languettes de bois de huit pieds de long, & l'ouverture inférieure par quatre de quatre pieds.

Quatre gros fils de fer, partant des quatre angles de l'ouverture inférieure, ſe réuniſſoient

au milieu, pour y ſupporter un cylindre de fil de fer, d'un pied de long & ſix pouces de diamètre.

Après avoir chargé la Machine de gaz, par le moyen du feu, le cylindre fut rempli d'un rouleau de trente feuilles de papier imbibées d'une livre d'huile d'olive, auquel on mit le feu.

La Machine, s'élevant avec rapidité, fut portée du côté de la ville ; lorſqu'elle eut parcouru environ un quart de lieue dans cette direction, elle ſe trouva élevée à la hauteur des nuages, & fut chaſſée comme eux du côté du nord ; continuant à s'élever, elle obéit au vent d'eſt-ſud-eſt qui régnoit dans cette région. On la ſuivit quelque tems dans cette direction, mais ſon diamètre apparent étoit devenu ſi petit, qu'il échappoit à la vue des ſpectateurs ; ceux qui avoient l'œil le plus perçant, la ſuivirent encore pendant quelques inſtans, juſqu'à ce qu'ils la perdirent entièrement, 22 minutes après ſon départ. *Extrait d'une lettre de M. de Montgolfier.*



Méthode graphique pour couper les fuſeaux d'un Globe.

1°. Soit décrit le demi-cercle *A B C* du diamètre du Ballon propoſé, *fig. 5*, *planc. VII.*

2°. Elever du centre *D* une perpendiculaire *D B*;

3°. Diviſer chacun des arcs *A B* & *B C* en ſix parties égales, & par ces points de diviſion, tirer des parallèles au diamètre;

4°. Conſtruire une figure auxiliaire, *fig. 6*, *pl. VII*, dont la longueur eſt égale au développement des ſix parties compriſes dans l'arc *C B*;

5°. A chacune des ſix diviſions de cette même figure auxiliaire, tracer des parallèles 1, 2, 3, 4, 5, 6, ſur leſquelles les dimenſions du fuſeau ſeront rapportées de la manière ſuivante:

6°. On partage l'arc *A* 1, *fig. 5*, en deux parties égales, & du point de partage on tire le rayon 1 *D*; enſuite tous les rayons des parallèles *G* 5, *H* 4, *I* 3, *K* 2, *L* 1, ſeront portés du point *D* comme centre, pour décrire tous les arcs de réduction 5, 4, 3, 2, 1.

7°. On prendra la meſure de chacun de ces arcs de réduction que l'on apportera par ordre ſur la figure auxiliaire; c'eſt-à-dire, que

l'arc 5 sera porté sur la parallèle 6, pour avoir les deux points du fuseau sur cette parallèle ; l'arc 4 porté sur la parallèle 4, & ainsi de suite ; ce qui détermine les six points de chaque côté de la ligne, qui servent à tracer le fuseau.

L'on prendra un patron en papier ou en carton sur cette dimension, & il servira de modèle pour couper le taffetas ou la toile destinée à former le Globe.

Description du robinet représenté dans la Planche première.

LA figure 1, Planc. I, offre la coupe verticale du robinet ; *A* est le cylindre creux sur lequel on fixoit le goulot du Ballon. Ce cylindre étoit retenu par le colet *B C*.

La boîte *P* est remplie par un cône, ajusté de manière à retenir l'air. Ce cône intérieur a un trou perpendiculaire à son axe, destiné à faire passer l'air de la partie inférieure du robinet à la partie supérieure ; communication qui s'intercepte à volonté, en tournant la clef *L*, qui entre dans un trou carré représenté dans la figure 2.

Figure 3, est le même robinet vu de face. Les anneaux 1, 2, 3, servoient à retenir le

Globe avec des cordes, dans le cas où on n'eût pas voulu l'abandonner.

Figure 4, eſt le plan du colet *B C*.

Figure 5 repréſente le robinet tout monté, avec la ligature qui l'uniſſoit au Globe.

La plaque vue en face, *figure 6*, & de profil *figure 7*, étoit fixée à la partie ſupérieure du Globe, moyennant quatre vis qui entroient dans une autre plaque placée dans l'intérieur. Les deux anneaux qu'on y remarque, ſervoient à ſoutenir le Globe, au moyen d'une corde qu'on y avoit placée ; & cette corde coulant dans une poulie fixée à une ſeconde corde tranſverſale, permettoit d'abaiſſer & de remonter le Globe à volonté, dans le tems qu'on étoit occupé à le remplir. Le cylindre placé entre les deux anneaux, étoit deſtiné à recevoir une pointe de métal, dans le cas où l'on faire eût voulu des expériences relatives à l'électricité.

DESCRIPTION de la Caiſſe à air inflammable repréſentée dans la Planche II.

CETTE Planche repréſente la gravure de la Machine imaginée par MM. ROBERT, pour développer promptement une grande quantité

d'air inflammable ; mais l'expérience ayant démontré l'inſuffiſance de cet appareil, je ne le fais connoître ici que parce que je l'avois fait graver avant qu'on en eût fait uſage. Je l'avois à la vérité trouvé beaucoup trop compliqué, mais l'on m'aſſuroit avec tant de confiance qu'il iroit à ſouhait, que je ne balançai pas à le faire graver.

Cet appareil pourroit d'ailleurs donner à quelque méchanicien l'idée d'en faire une application plus heureuſe, ſoit en le ſimplifiant, ſoit en y faiſant des changemens avantageux.

Les cinq tiroirs dont cette Machine eſt compoſée, étoient doublés en plomb, pour éviter qu'ils fuſſent attaqués par l'acide vitriolique ; mais ils étoient beaucoup trop lourds & difficiles à manœuvrer.

Ces tiroirs étant chargés de limaille & d'acide vitriolique, étoient fermés ſur-le-champ, & l'on interrompoit toute communication avec l'air extérieur, au moyen d'une couliſſe dont la gravure donne la repréſentation.

L'on avoit la facilité d'interrompre la communication d'un tiroir à l'autre, par l'extérieur, au moyen d'une virole qui faiſoit tourner à volonté un ais qui fermoit ou ouvroit le paſſage à l'air.

Le gaz inflammable étant parvenu au haut de l'appareil, y rencontroit un ſyphon de plomb à large ouverture, & plein d'eau : l'air ſe faiſant jour par la route qui lui oppoſoit le moins de réſiſtance, devoit traverſer l'eau, & de là ſe rendre par le cylindre extérieur qu'on voit ſur la caiſſe, & qui étoit en verre, dans le robinet qui y étoit adhérent, & de là dans le Globe. L'on avoit conſtruit le cylindre extérieur en verre, afin qu'on eût la facilité de voir quand l'air montoit, ou lorſqu'il ceſſoit de ſe développer.

Mais cette Machine dont le premier apperçu étoit aſſez ingénieux, éprouva de grands inconvéniens ; les tiroirs n'étoient pas aſſez profonds, la chaleur & l'humidité faiſoient travailler les bois, l'air inflammable ne pouvoit pas vaincre la colonne d'eau ; & il fallut renoncer à l'appareil.

FIN.

APPROBATION.

J'AI lu par ordre de Monſeigneur le Garde des Sceaux, *les Expériences de la Machine aéroſtatique de MM. de Montgolfier, &c. recueillies par M. Faujas de Saint-Fond*; je n'y ai rien trouvé qui puiſſe empêcher l'impreſſion de cet Ouvrage intéreſſant. A Paris, ce 19 Octobre 1783.

Signé, SAGE.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conſeil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra: SALUT. Notre amé le ſieur CUCHET, Libraire, Nous a fait expoſer qu'il deſireroit faire imprimer & donner au Public *une Deſcription des expériences de la Machine aéroſtatique de MM. de Montgolfier, &c. recueillies par M. Faujas de Saint-Fond*; s'il nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilege pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de dix années conſécutives, à compter de la date des Préſentes. FAISONS défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangère dans aucun lieu de notre obéiſſance; comme auſſi d'imprimer ou faire imprimer,

vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ses hoirs ou ayans-cause, à peine de saisie & de confiscation des exemplaires contrefaits, de six mille livres d'amende, qui ne pourra être modérée pour la premiere fois, de pareille amende & de déchéance d'état, en cas de récidive, & de tous dépens, dommages & intérêts, conformément à l'Arrêt du Conseil du 30 Août 1777, concernant les contrefaçons : A la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en beau papier & beaux caracteres, conformément aux Réglemens de la Librairie, à peine de déchéance du présent Privilége; qu'avant de l'expôser en vente, le manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMÉNIL, Commandeur de nos Ordres; qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMÉNIL : le tout à peine de nullité des Présentes : Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans-cause pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour duement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur

de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires : Car tel eſt notre plaiſir. Donné à Fontainebleau, le vingt-neuvième jour du mois d'Octobre, l'an de grace mil ſept cent quatre-vingt-trois, & de notre Règne le dixième. Par le Roi en ſon Conſeil.

Signé, LE BEGUE.

Regiſtré ſur le Regiſtre XXI de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 3108, fol. 964, conformément aux diſpoſitions énoncées dans le préſent Privilége, & à la charge de remettre à ladite Chambre les huit exemplaires preſcrits par l'article CVIII du Réglement de 1723. A Paris, ce 7 Novembre 1783.

Signé, LE CLERC, *Syndic.*

De l'Imprimerie de CHARDON, rue de la Harpe, près celle de la Parcheminerie. 1783.



SUPPLÉMENT.

CET Ouvrage étoit entièrement imprimé, & alloit voir le jour, lorſque l'expérience qu'on avoit le projet de faire à la Muette, a eu lieu. L'on doit au zèle de Madame la Ducheſſe de Polignac, Gouvernante des Enfans de France, cette expérience à jamais mémorable.

Je m'empreſſe d'en publier le procès-verbal, fait au Château de la Muette, en attendant que je puiſſe donner dans le volume de ſupplément, de plus grands détails à ce ſujet.

Cette expérience a été faite avec la Machine aéroſtatique repréſentée dans la Planche VIII.

PROCÈS-VERBAL dreſſé au Château de la Muette après l'expérience de la Machine aéroſtatique de M. de Montgolfier.

Aujourd'hui 21 Novembre 1783, au Château de la Muette, on a procédé à une expérience de la Machine aéroſtatique de M. de Montgolfier.

Le ciel étant couvert de nuages dans pluſieurs parties, clair dans d'autres, le vent nord-oueſt.

A midi huit minutes, on a tiré une boîte qui a ſervi de ſignal pour annoncer qu'on commençoit à remplir la Machine. En huit minutes, malgré le vent, elle a été développée dans tous les points & prête à partir, M. le marquis *d'Arlandes* & M. *Pilatre de Rozier* étant dans la galerie.

La première intention étoit de faire enlever la Machine & de la retenir avec des cordes, pour la mettre à l'épreuve, étudier les poids exacts qu'elle pouvoit porter, & voir ſi tout étoit convenablement diſpoſé pour l'expérience importante qu'on alloit tenter.

Mais la Machine pouſſée par le vent, loin de s'élever verticalement, s'eſt dirigée ſur une des allées du jardin, & les cordes qui la retenoient, agiſſant avec trop de force, ont occaſionné pluſieurs déchirures, dont une de plus de ſix pieds de longueur. La Machine, ramenée ſur l'eſtrade, a été réparée en moins de deux heures.

Ayant été remplie de nouveau, elle eſt partie à une heure 54 minutes, portant les mêmes perſonnes; on l'a vue s'élever de la manière la plus majeſtueuſe; & lorſqu'elle a été parvenue à environ 250 pieds de hauteur, les intrépides voyageurs, baiſſant leurs chapeaux, ont ſalué les ſpectateurs. On n'a

pu s'empêcher d'éprouver alors un ſentiment mêlé de crainte & d'admiration.

Bientôt les navigateurs aériens ont été perdus de vue ; mais la Machine, planant ſur l'horizon, & étalant la plus belle forme, a monté au moins à trois mille pieds de hauteur, où elle eſt toujours reſtée viſible : elle a traverſé la Seine au-deſſous de la barrière de la Conférence, & paſſant de-là entre l'Ecole Militaire & l'Hôtel des Invalides, elle a été à portée d'être vue de tout Paris.

Les voyageurs ſatisfaits de cette expérience, & ne voulant pas faire une plus longue courſe, ſe ſont concertés pour deſcendre ; mais s'appercevant que le vent les portoit ſur les maiſons de la rue de Séve, F. S. G., ils ont conſervé leur ſens-froid, & développant du gaz, ils ſe ſont élevés de nouveau, & ont continué leur route en l'air juſqu'à ce qu'ils ayent eu dépaſſé Paris.

Ils ſont deſcendus alors tranquillement dans la campagne, au-delà du nouveau boulevard, vis-à-vis le moulin de *Croulebarbe*, ſans avoir éprouvé la plus légère incommodité, ayant encore dans leur galerie les deux tiers de leur approviſionnement ; ils pouvoient donc, s'ils l'euſſent déſiré, franchir un eſpace triple de celui qu'ils ont parcouru ; leur route

a été de 4 à 5000 toises, & le temps qu'ils y ont employé, de 20 à 25 minutes.

Cette Machine avoit 70 pieds de hauteur, 46 pieds de diamètre : elle contenoit 60000 pieds cubes, & le poids qu'elle a enlevé étoit d'environ *seize à dix-sept cens livres*.

Fait au Château de la Muette, à cinq heures du soir. *Signé*, le Duc *de Polignac*, le Duc *de Guines*, le Comte *de Polastron*, le Comte *de Vaudreuil*, d'*Hunaud*, Benjamin *Franklin*, *Faujas de Saint-Fond*, *Delisle*; *Leroy*, de l'Académie des Sciences.

ERRATA.

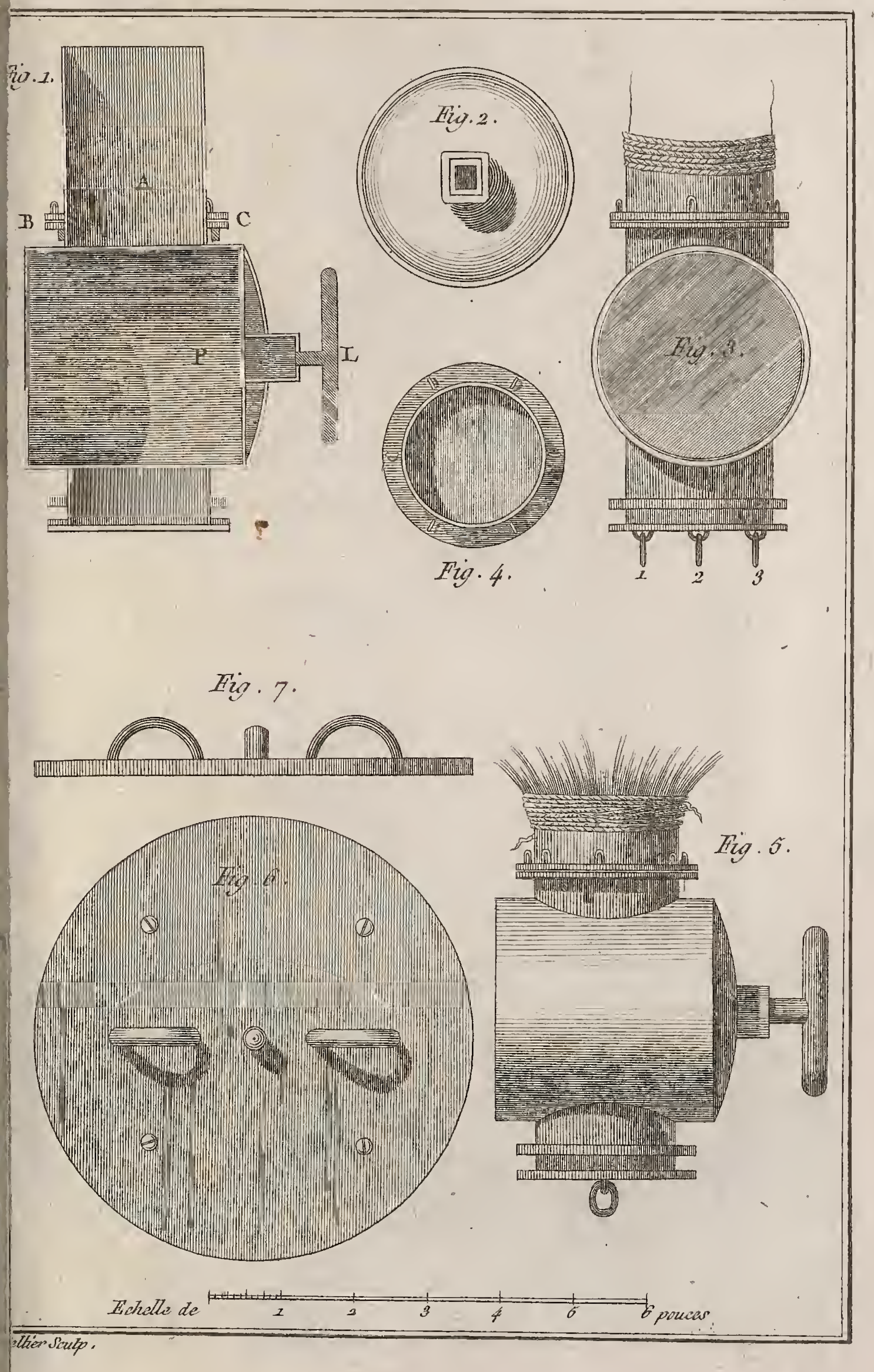
PAGE xxxij, *ligne* 21 *du Discours préliminaire*, je fais, *lisez*, j'ai fait.

Page 14 *ligne* 3, l'on employa 1000 liv. pesant de limaille de fer en poudre ou en copeaux, & 498 liv. d'acide vitriolique, *ajoutez*, selon le compte produit par MM. les frères Robert, & acquitté par eux. Il s'en falloit beaucoup que cette quantité fût nécessaire; mais il y a eu de grands dégâts.

Page 45, *ligne* 1, la Planche III, *lisez*, la Planche V, placée à la tête du Livre.

Page 194, *ligne* 15, des Machines aérostatiques en taffetas, *lisez*, des Ballons aérostatiques.

Page 230, *ligne* 12, faisant ensuite transporter, l'un après l'autre, des tonneaux vuides au haut de ma Machine, je ferai passer par le robinet supérieur, partie du gaz qu'elle contient, *lisez*, on peut plus commodément vuider la Machine, & remplir les tonneaux par le robinet inférieur, au moyen d'une pompe aspirante & foulante; & le robinet supérieur ne doit servir que pour vuider promptement la Machine lorsqu'on est pressé de descendre.

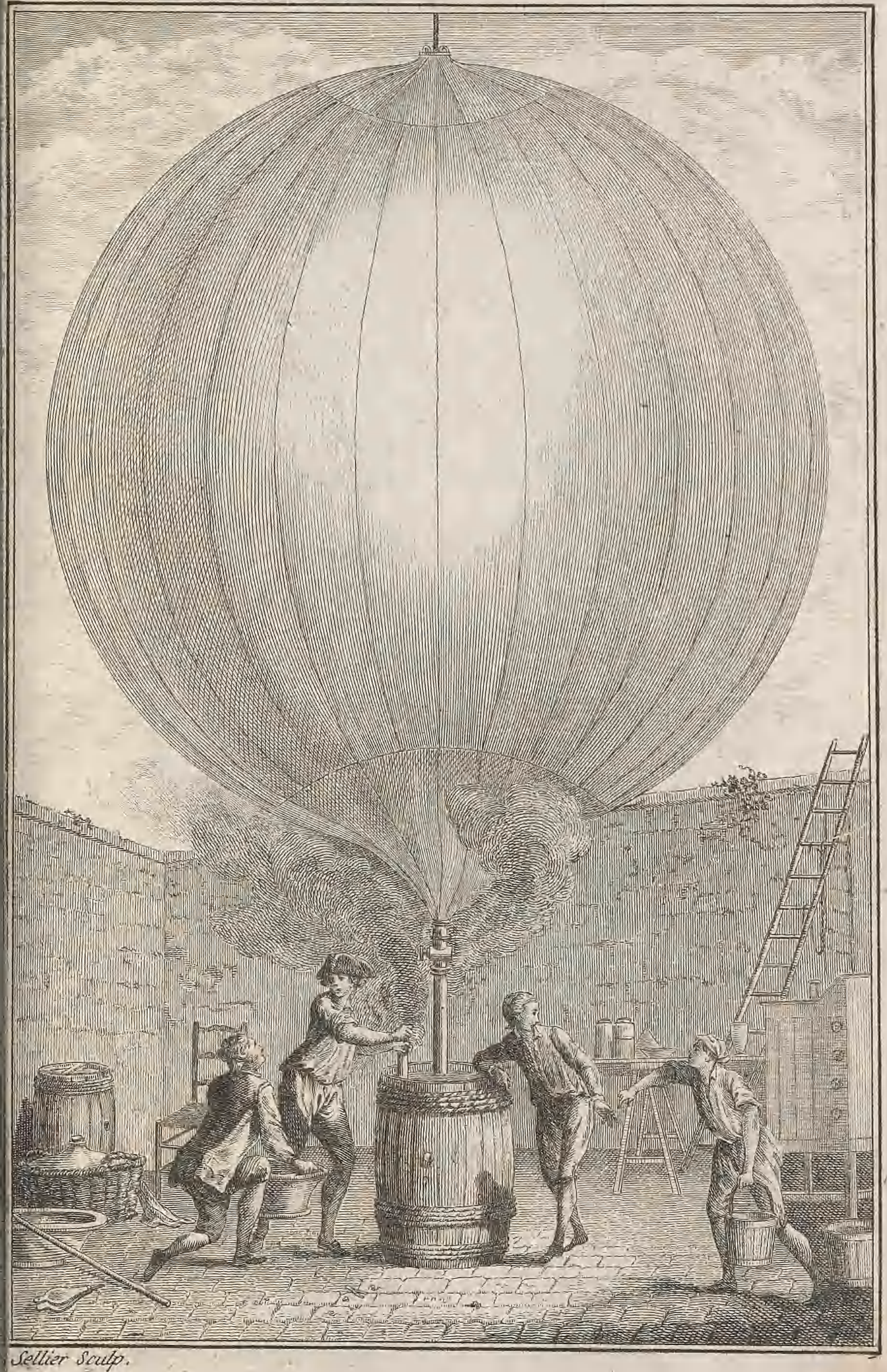


ellier Sculp.

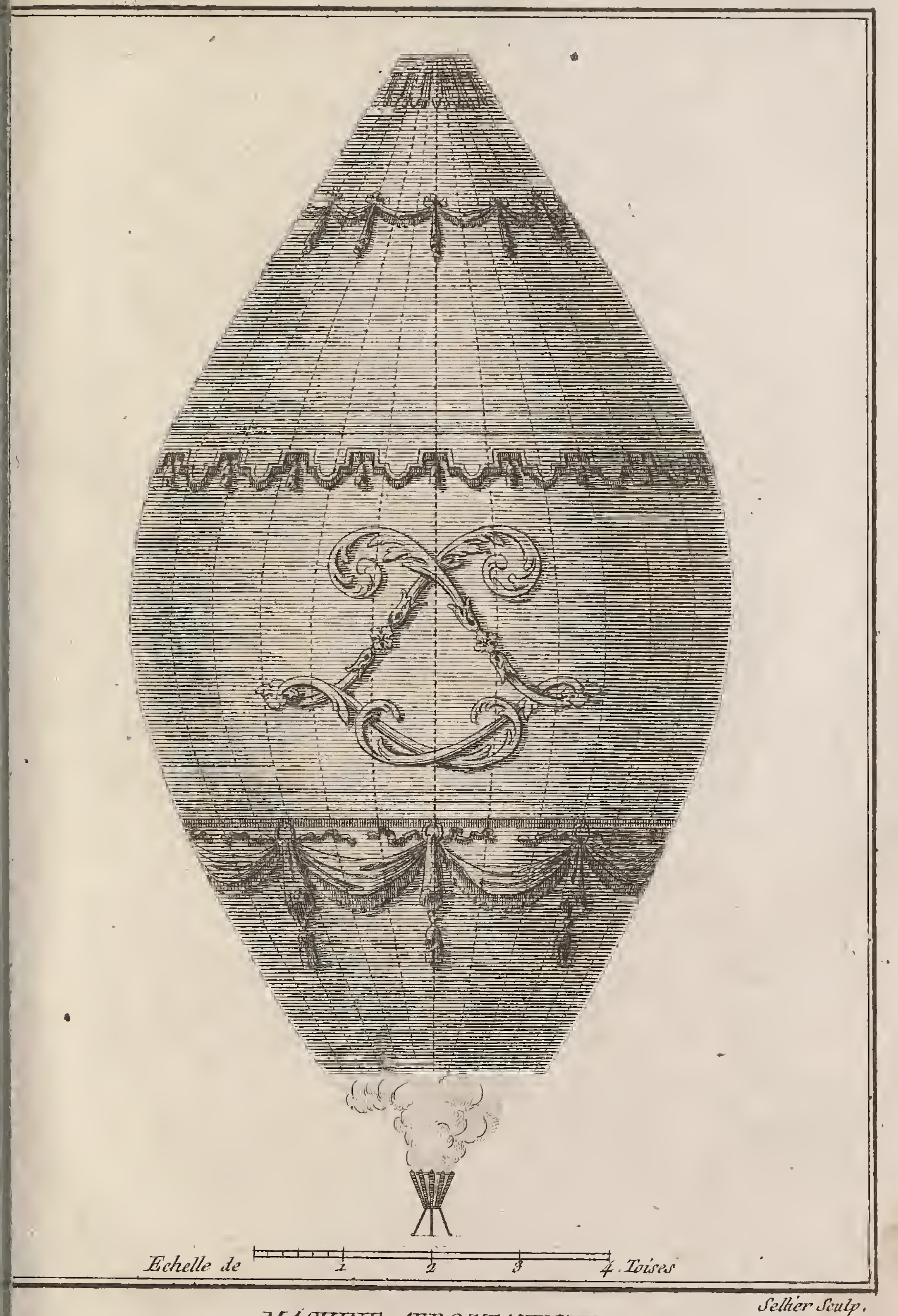
Pl. II.



Sellier Sculp.



Sellier Sculp.



Sellier Sculp.

MACHINE AEROSTATIQUE
de Mr. Montgolfier, construite dans le Jardin de Mr. Reveillon, rue de Montreuil Fauxbourg St. Antoine, aux dépens de l'Académie Royale des Sciences.

Pl. VI.

T

G

Gar de-meuble

Méridien du Dôme de l'Ecole Militaire.

Direction sur Ecouen près Gonesse

Horizontale de la route du Ballon

Alignement sur lequel se trouvoit le Ballon à 5h. 7 min.

Direction sur le Garde-meuble dist.ce 1095. Toises

Q

Alignement sur lequel se trouvoit le Ballon à 5h. 4m.

R

Alignement sur lequel se trouvoit le Ballon à 6h. 2m. 52.se

S

μ

Projection

r

V

l

s

u

z

P

I

Dôme des Invalides

L

M

Gazon du Champ de Mars

m

n

B

E

Dir.on sur les Tours de N. D. dist.ce 1781. T

Dôme de l'Ecole Militaire

Direction sur l'Observat.re dist.ce 1670. T

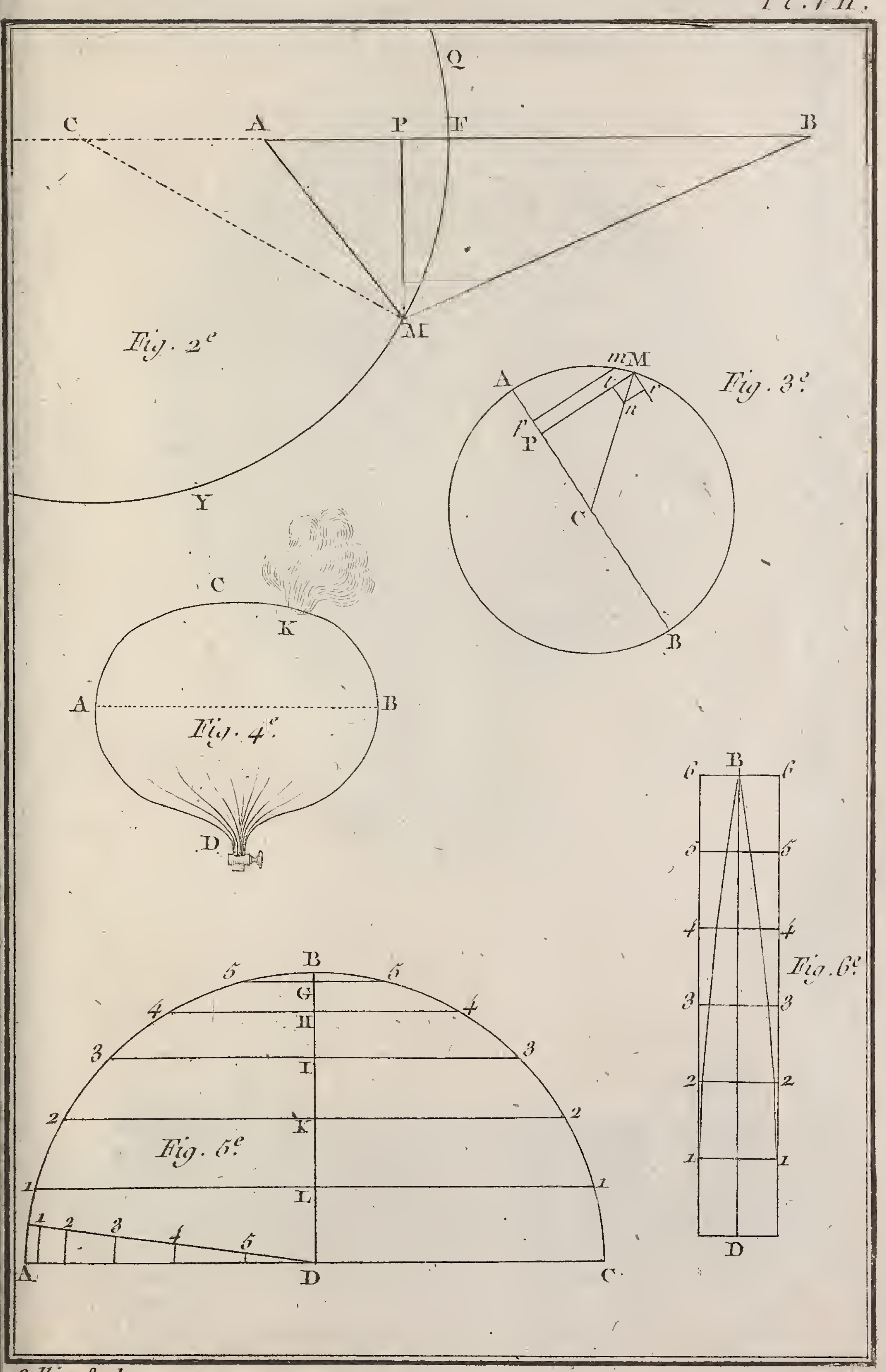
N

Direction du Vent

C

Ech.le de 100 50 0 100 200 300 400 500 600 Tois.

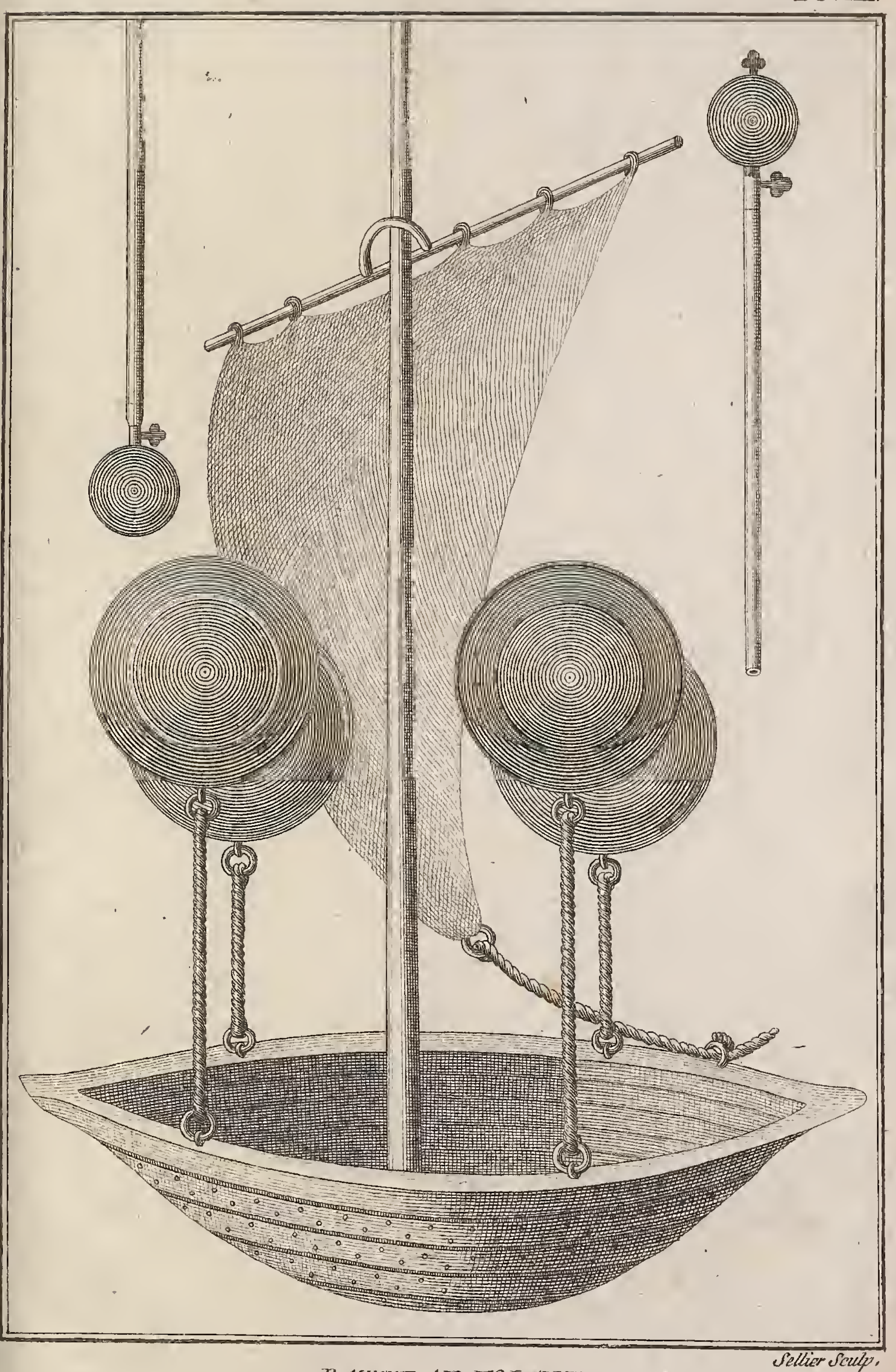
Sellier Sculp.



Sellier Sculp.



Machine Aérostatique de 70 Pieds de hauteur sur 46 de Diamétre, qui s'est élevé à Paris, avec deux homme à la hauteur de 324 Pieds le 19. Oct. 1783.



Sellier Sculp.

BATTEAU VOLANT,
Copié sur celui du Jesuite-Lana.

vide inscr.

e/8/8/-



